BHS
II H
66

BHS II H 66

# Kurzer Bericht

von

# Versuchen und Instrumenten,

die sich

auf das Verhalten der Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen.

Von

John Leslie,

Professor der Mathematik in Edinburg.

Uebersetzt mit Anmerkungen

von

H. W. Brandes.

BIBLIOTHEK DER K.B.GENERAL BERGW.U.SALINEN ADMINISTR.

Mit einer Kupfertafel.

Leipzig 1823.

bei Paul Gotthelf Kummer.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

# Vorrede des Verfassers.

In der Vorrede zu der Schrift: „Experimentirende Untersuchung über die Natur und Fortpflanzung der Wärme", versprach ich, den Gegenstand wieder aufzunehmen und meine Untersuchungen auf das Verhalten zwischen Wärme und Feuchtigkeit, wodurch die vorigen Schlüsse erläutert und befestigt würden, auszudehnen.

Da ich nun sehr dringend wünschte, noch genauere Resultate zu erhalten, so war es nothwendig, neue Versuche anzugeben, und Apparate zu benutzen, die sich durch Größe und sorgfältige Ausführung auszeichneten. Manche Beobachtungen mußten zu verschiedenen Jahreszeiten wiederholt werden. — Der Kreis meiner Amtsgeschäfte, verbunden mit den in Beziehung darauf herausgegebnen Schriften, brachten Aufschub hervor und hinderten mich, meine Zeit den Versuchen zu widmen. So sind einige Jahre hingegangen, ohne daß ich auf die Weise, wie ich mir vorgenommen hatte, meine ursprüngli-

che Verpflichtung erfüllen konnte. Ich hoffe indeß bald so weit fortgerückt zu sein, daß ich mich dieser Verpflichtung entladen könne.

Unterdeß aber schien es mir für den Fortgang der Wissenschaft wünschenswerth, manche Instrumente, auf die ich bei meinen Untersuchungen gekommen bin, bekannter zu machen und der gelehrten Welt genauere Kenntniß von ihrer Einrichtung und ihrer Wirkungsart zu geben. Dies veranlaßte mich, eine kurze Darstellung, in so populärer Form, als es die erforderliche Genauigkeit zuließ, zu entwerfen; aber diese Darstellung ist dennoch, wegen der Menge der Gegenstände, zu einem Buche angewachsen. Ich habe nichts weiter hinzuzusetzen, als daß ich überall, um mühsame Rechnungen zu vermeiden, mich begnügt habe, runde Zahlen anzugeben, die, wenn nicht ganz vollkommen strenge, doch der Wahrheit sehr nahe kommen.

Edinburg am 5. Mai 1813.

# Vorrede des Uebersetzers.

Die Untersuchungen über Wärme und Feuchtigkeit, die der Verfasser in dem kleinen Werke vorträgt, welches ich hier übersetzt liefere, scheinen in Deutschland noch nicht die Aufmerksamkeit gefunden zu haben, die sie wohl verdienen; es schien mir daher der Mühe werth, das Buch durch eine Uebersetzung bekannter zu machen, und dadurch zu Wiederholung der darin angegebnen zahlreichen Versuche aufzufordern. Viele von diesen sind von einer so großen practischen Wichtigkeit, und fast alle sind so interessant, daß man wohl nicht mit Unrecht hoffen darf, sie werden von Naturforschern und Dilettanten, die mit einigen Apparaten ausgerüstet sind, einer sorgfältigern Untersuchung werth befunden und so des Verfassers Behauptungen entweder bestätiget oder berichtiget werden.

Den theoretischen Behauptungen Leslie's habe ich nicht immer beistimmen können, und habe einige Einwendungen dagegen in den An-

merkungen mitgetheilt; indeß wird der eigentliche Werth des Buches, den es durch die zahlreichen Versuche hat, nicht herabgesetzt, wenn auch die Theorie hie und da unvollkommen ist.

Die übrigen Anmerkungen betreffen entweder kleine Erläuterungen über die oft zu kurz angedeuteten Rechnungen, oder Nachweisungen andrer Erfahrungen und Versuche, die bei den hier erzählten mit berücksichtiget zu werden verdienen.

Breslau am 17. Aug. 1822.

# Inhalt.

Ueber die Wärme im Allgemeinen . . . S. 1
Verschiedene Capacität für die Wärme . . . 4
Wärme-Leitung der verschiedenen Körper . . . 15
Strahlende Wärme . . . 20
Feuchtigkeit in der Atmosphäre . . . 41
Elasticität der Dämpfe . . . 42
Abkühlung, die beim Verdunsten entsteht . . . 43
Das Differenzthermometer . . . 49
Anwendung des Differenzthermometers als Pyroscop . . . 55
Anwendung des Differenzthermometers zum Photometer . . . 58
Genauere Angaben für die Einrichtung des Hygrometers . . . 71
Bestimmung der wahren Feuchtigkeit der Luft . . . 76
Ausdünstungsmesser . . . 84

Nutzen des Atmometers und Hygrometers S. 91
Von andern Hygroscopen , , 103
Austrocknungsmittel , , , , 112
Anwendung auf die Theorie des Regens 123
Mittel, um große Kälte hervorzubringen 136
Beschreibung der Kupfertafel , , 165

---

# Ueber die Wärme im Allgemeinen.

Die mannigfaltigen Erscheinungen der Wärme lassen sich am leichtesten übersehen, wenn man sie als Wirkung eines *eigenen Flüssigen* betrachtet, das eine große *Wirksamkeit* besitzt, und durch *alle Körper* verbreitet ist. Dieser Stoff wird indeß nur in *einem* Zustande der Verbindung angetroffen, und zeigt sich nie in einer bestimmten und eigenthümlichen Form. Obgleich durch manche Ursachen hie und da in seinem Gleichgewichte gestört, sucht er doch immer sein Gleichgewicht zwischen den benachbarten Körpern herzustellen. Ist dieser Stoff in einem Körper angehäuft, so ist allemal damit eine Ausdehnung verbunden, wenn nicht etwa eine gänzliche Aenderung des Zustandes hervorgebracht wird. Ein heftig erkältetes Eisstückchen dehnt sich in milderer Luft aus, bis es anfängt zu schmelzen; während es sich in Wasser verwandelt, zieht es sich in

einen engern Raum zusammen; aber wenn diese Schmelzung beendigt ist, so dehnt das Wasser sich bei fortwährender Erwärmung aufs neue aus. Eben so hat der Thon, obgleich er im Ofen sich zusammenzieht, indem das mit ihm verbundene Wasser ausgetrieben wird, dennoch die Eigenschaft, nach dem Abkühlen sich auszudehnen, wenn er einem Wärmegrade, der den Wärmegrad beim Brennen nicht erreicht, ausgesetzt wird.

Wir sagen von Körpern, sie haben gleiche Temperatur, wenn die unter ihnen ausgetheilte Wärme sich gegenseitig im Gleichgewichte hält. Diese Gleichheit der Temperatur erlangen einige Körper leichter, als andre, indem z. B. Silber die Wärme schneller durchläßt, als Platina, diese schneller als Glas, und Glas schneller als lockere Daunen. Diese Eigenschaft, welche ein Körper in so ganz anderm Grade als ein andrer besitzt, heißt die Leitungsfähigkeit, und sie ist in dem Haushalt der Natur von dem wichtigsten Einflusse.

Auch die Ausdehnung bei verschiedener Temperatur ist sehr ungleich bei verschiedenen Körpern. Luft dehnt sich unter gleichen Umständen 5 mal so sehr als Alcohol, 20 mal so viel als Quecksilber,

160 mal so viel als Platina, 500 mal so viel als Glas aus.

Das Thermometer giebt selbst die Ausdehnung der in ihm enthaltenen Masse an, und ist daher wegen seiner großen Empfindlichkeit geschickt, uns die Temperatur der umgebenden Körper anzuzeigen. Indeß kann das Thermometer nur die Wärme der in seiner eignen Kugel enthaltnen Masse, während auf diese eine äußere Mittheilung einwirkt, angeben, und weitere, auf seinen verschiedenen Stand gegründete Behauptungen beruhen schon auf zusammen gesetztern Schlüssen.

Die erste Quelle der Wärme ist die Sonne, deren belebende Strahlen theils in der Atmosphäre aufgehalten, theils aber von der Oberfläche der Länder und Meere aufgenommen werden. Die hiedurch unaufhörlich bewirkte, nach der geographischen Lage und nach dem Wechsel der Jahrszeit ungleiche Mittheilung von Wärme wird theils durch Luftströme ausgeglichen, theils allmählig der ganzen Masse der Erde mitgetheilt. Aber dieser jährliche Einfluß der Wärme, obgleich wichtig in seinen vorübergehenden und nur die Oberfläche betreffenden Wirkungen, muß unbedeutend sein gegen den reich angehäuften

Vorrath, da sich im Laufe von Jahrhunderten kaum ein bemerkbarer Zuwachs an Wärme auf der Erde mit Sicherheit gezeigt hat.

---

## Verschiedene Capacität für die Wärme.

---

Aber selbst nach der Herstellung des Gleichgewichts ist der Wärmestoff nicht gleichmäßig oder nach Verhältniß der Massen unter den Körpern vertheilt; ja wenn eine solche Vertheilung statt fände, so würde es gar keine innere Wechsel der Temperatur geben, weil bei allen Aenderungen der Form die Massenmenge immer ungeändert bleibt, und also dann auch diese Masse ein gleiches Maaß von Wärme immer behalten würde. Statt dessen ist durch die bestehende Einrichtung der Natur eine glückliche Vorkehrung getroffen, um diese angenehmen Wechsel und die Austauschungen zu veranlassen, welche ein so heitres Leben in die Natur bringen. Die Wärme nämlich verbindet sich mit verschiedenen Substanzen in sehr verschiedenen, von ihrer besondern inneren Natur abhängenden Verhältnissen. Im Allgemeinen ist mehr Wärmestoff in den flüssigen als in den festen, und in

den luftförmigen mehr als in den tropfbar flüssigen Körpern; aber dennoch scheint jeder verschiedenartige Körper seiner besondern Beschaffenheit gemäß einen eigenthümlichen Antheil erhalten zu haben. Unter gleichen Umständen nimmt Wasserstoffgas zehnmal soviel Wärme in sich auf als eine gleiche Masse atmosphärischer Luft; Wasser zweimal soviel als Olivenöl und dreimal soviel als concentrirte Schwefelsäure; Schwefelsäure zweimal soviel als Glas, und Glas zweimal so viel als Silber und fünfmal soviel als Quecksilber *). Wenn ein Pfund Wasser um 30 Grade mehr erwärmt ist als ein zweites

*) Es ist bekannt, daß die genaue Bestimmung der specifischen Wärme sehr schwierig ist; daher stimmen nicht alle Angaben gut überein. Nach Biot müßten die obigen Angaben ungefehr so heißen: Wasser enthält mehr als dreimal soviel Wärme als Olivenöl, und dreimal soviel als Schwefelsäure; Schwefelsäure nicht völlig zweimal soviel als Glas, und Glas 6 1/2 mal soviel als Quecksilber. (Biot traité de Phys. IV. 694.) Noch schwieriger als bei diesen Körpern ist die Bestimmung bei den Gasarten.

Berard und de la Roche geben die Capacität der atmosphärischen Luft etwas mehr als ein Viertel der Capacität des Wassers, die des Wasserstoffgas aber 12 mal so groß als die der atmosphärischen Luft. Br.

Pfund Wasser, so theilt sich bei schnellem Mischen beider Massen jener Ueberschuß unter beide Massen gleich, indem die erstere um 15 Gr. abgekühlt, die andre um 15 Gr. erwärmt wird. Gießt man dagegen zu einem Pfunde Wasser ein um 30 Grade mehr erwärmtes Pfund Quecksilber, so wird man, nachdem die vereinigten Massen eine gleiche Temperatur angenommen haben, finden, daß das Quecksilber 29 Grad an Wärme verlohren hat, während das Wasser nur 1 Grad gewann. Im Zustande des Gleichgewichts enthält also Wasser 29 mal soviel Wärme als Quecksilber, und wenn beiden gleich viel Wärme zugeführt wird, so erhöht sich die Temperatur des Quecksilbers 29 mal so viel, als die des Wassers*). Aehnliche Verschiedenheiten bemerkt man, wenn einerlei Substanz sich in verschiedenen Zuständen befindet. Zum Beispiel Eis erlangt leichter eine höhere Temperatur als Wasser, und Wasser leichter als Dampf; denn dieselbe Zugabe von Wärme, welche des Eises Temperatur um 10 Grad erhöhen würde, ertheilt dem Wasser, wenn die Massen gleich

---

*) Nach Biot müßte man die Erwärmung des Wassers wohl 1/34 in Vergleichung gegen die Abkühlung des Quecksilbers ansetzen. *Br.*

sind, nur eine um 9 Grad, dem Dampfe nur eine um 6 Grad *) höhere Temperatur.

Aus diesem Grunde findet bei jedem Uebergange in einen neuen Zustand eine anscheinende Pause in dem Sinken oder Steigen der Erwärmung und eine entsprechende Bindung oder Entbindung von Wärme statt. Hängt man ein Gefäß voll Eis über ein gleichförmig unterhaltenes Feuer, so bleibt die Temperatur so lange auf dem Gefrierpuncte, bis alles ganz geschmolzen ist; dann nimmt die Wärme fortwährend zu bis zum Kochen, aber weiter steigt die Temperatur nicht, weil alle nun noch hinzutretende Wärme verwendet wird, um das Wasser in Dampf zu verwandeln. Nahm man eine Eismasse, die 30 Minuten Zeit nöthig hatte, um zu schmelzen, so gehen ungefehr 40 Minuten hin, bis das Wasser, nach vollendeter Schmelzung des Eises, bis zum Kochen erwärmt wird, und in etwa 3½ Stunden würde das sämmtliche Wasser in Dampf verwandelt sein. Das Aufthauen also und so wieder die Verdampfung nimmt nach und nach so viel Wärme hin, daß man diese einem Temperatur-Unterschiede von 76 Grad der Centesimalscale in einem, und von

*) Nach Berard um 8 Grad. Br.

525 Gr. im andern Falle gleich setzen kann*). Diese verlohren gegangene Wärme ist aber ihrer Natur nach gar nicht von der übrigen verschieden, nicht zu besondern Wirkungen geeignet; sie zeigt sich uns nicht mehr, weil ihre Wirksamkeit und Expansivkraft mit der des allgemein verbreiteten Wärmestoffs vermischt ist, und sie bloß beiträgt, das durch die vergrößerte Capacität (oder durch die verstärkte Anziehungskraft der Masse, womit der Wärmestoff sich verbindet) gestörte Gleichgewicht herzustellen.

Ein ähnlicher Aufwand von Wärme begleitet allemal den Uebergang des Wassers in den dampfförmigen Zustand, wodurch dieser auch bewirkt werde. Trockne Luft mit Feuchtigkeit in Verbindung gebracht, nimmt diese bis zu einem gewissen Grade der Sättigung in sich auf, und diese Wirkung wird sehr verstärkt, sowohl durch Erhöhung der Temperatur, als durch Verminderung des Druckes der Luft. Größere Wärme verstärkt die Kraft der Luft, den Dampf in sich aufzunehmen, weil sie, durch Ausdehnung der

---

*) Bringt nämlich das immer gleiche Feuer in 40 Min. eine Erwärmung vom Gefrierpunct bis zum Kochpunkte = 100° hervor, so würde es in 30 Min. 75 Gr. und in 3 1/2 Stunde oder 210 Min., 525 Gr. Erwärmung hervorbringen. Br.

Theilchen des der Verdampfung ausgesetzten Wassers, diesen den Uebergang in den dampfförmigen Zustand erleichtert, und die Verminderung des Luftdrucks bringt eine ähnliche Wirkung hervor, indem dadurch die abstoßende Kraft der Theilchen des Flüssigen ein freieres Spiel erhält, und so der anziehenden Kraft des auflösenden Mittels gleichsam zu Hülfe kömmt. Hierauf beruht die Verminderung der Wärme und die Abnahme der Temperatur, welche durch die Verdünstung von Flüssigkeiten, die dem Zutritt trockner Luft ausgesetzt sind, bewirkt wird *). Die

*) Der Verf. scheint mir hier Ausdrücke gewählt zu haben, die den wahren Gang der Erscheinung etwas undeutlich darstellen. Nicht dann erst wird Dampf entwickelt, wenn die Kochhitze erreicht ist, sondern bei jeder geringern Temperatur geht etwas Wärme durch die Verwandlung des Wassers verlohren; bei der Kochhitze erlangen die Dämpfe eine Elasticität, welche dem Drucke der Luft gleich ist, und sie erheben sich daher vom Boden des Gefäßes und bringen das Wasser in unruhige Bewegung. Eine größere Wärme kann das Wasser unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre nicht annehmen, weil die Entwickelung der Dämpfe jetzt gar kein Hinderniß findet, indem ihre Elasticität nun den Druck der Luft überwältiget, und daher alle zufließende Wärme zur Bildung von Dämpfen verwandt wird.

Entbindung oder Bindung von Wärme und folglich die Erhöhung oder das Sinken der Temperatur, muß also allemal erfolgen, wenn physische oder chemische Aenderungen in dem Zustande der Körper vorgehen. Bei einer bloßen Mischung oder Auflösung ist die Wirkung begrenzt und bloß vorübergehend; wo aber eine fortwährende Zersetzung statt

---

So wie nun schon vor dem Kochen die durch Ausstrahlen oder durch Leitung verlohren gehende Wärme Dämpfe mit sich fortführt oder sich mit den Wassertheilchen verbindet und sie als Dämpfe wegführt, so geschieht dieses auch bei geringerer Wärme, wenn Wasser mit Luft in Berührung ist. Die freie Wärme, die jeder Körper in irgend einem Grade besitzt, scheint immer thätig zu seyn, um eben so das Gleichgewicht der Feuchtigkeit in den benachbarten Körpern herzustellen, wie sie thätig ist, um das Gleichgewicht der Temperatur herzustellen; und wir dürfen daher wohl nicht von auflösender Kraft der Luft reden, denn dieser Uebergang von Dämpfen in den Raum über dem Wasser, findet ja um desto leichter statt, je weniger Luft dieser enthält, ja sogar wenn er luftleer ist, wo doch alle Auflösung aufhört. Aber leicht zu übersehen ist, daß die Dämpfe sich desto leichter entwikkeln, je mehr freie Wärme da ist, je weniger der Raum über der Oberfläche des Wassers schon mit Dämpfen erfüllt ist, und je geringer der Luftdruck ist, indem dieser allemal der Entwickelung der Dämpfe hinderlich ist. Br.

findet, da ist die Entwickelung von Wärme reichlich und dauernd. Gießt man Schwefelsäure zum Wasser, so wird merkliche Wärme frei, weil die Capacität der verdünnten Säure geringer ist als die mittlere Capacität beider Körper vor der Mischung. Löset man dagegen Salpeter oder Salmiak im Wasser auf, so bemerkt man ein Sinken der Temperatur, weil die Capacität der Salz-Auflösung grösser ist als die mittlere Capacität des Salzes und des Wassers. Aber eine solche Erhitzung oder Abkühlung kann als Wirkung eines schnell vorübergehenden Processes nur kurze Zeit dauern, statt daß bei dem Verbrennen des vereinigt mit Lebensluft hervorströmenden Wasserstoffgas oder beim Brennen der Kohle in atmosphärischer Luft, eine fortwährende und reichliche Entwickelung von Wärme statt findet, weil hier eine Zersetzung eingeleitet ist, deren Wirkung sich immer fort erneuert. Sauerstoffgas und Wasserstoffgas nämlich bilden Wasserdampf, der eine geringere Wärme-Capacität besitzt, und die Verbindung der Kohle verändert die Lebensluft in der Atmosphäre in kohlensaure Luft, deren Wärme-Capacität ebenfalls bedeutend geringer ist. Der entgegengesetzte Fall findet statt bei der Ausdünstung tropfbarer Körper, die dem freien Zutritt trockner

Luft ausgesetzt sind, weil die Capacität der in der Luft sich zerstreuenden Dämpfe größer ist. Diese Verminderung der Temperatur, obgleich man sie so lange wie man will unterhalten kann, ist doch nur in enge Grenzen beschränkt, und im Allgemeinen sind die Mittel, welche wir besitzen, um Wärme hervorzubringen, von weit mächtigerer Art, als die, welche ein Verlohrengehn von Wärme oder eine anscheinende Kälte-Erzeugung bewirken.

Die gasförmigen Körper sind von einer so lokkern Verbindung, daß schon eine Verschiedenheit ihres Zustandes hinreichend ist, um ihre Eigenschaften wesentlich zu ändern. Wenn man zum Beispiel atmosphärische Luft auf die 30fache Dichtigkeit zusammen drückt, so ist ihre Capacität nur halb so groß, und man braucht sie nur auf das 20fache zu verdichten, um schon so viel Wärme frei zu machen, als zu einer Temperatur-Erhöhung von 900 Fahrenh. Graden (= 500 Centes.) erfordert wird, nämlich soviel als nöthig ist, um die leicht Feuer fangenden Körper zu entzünden. Hierauf gründet sich die Einrichtung der kürzlich in Frankreich bekannt gewordenen Feuerzeuge, wo man durch den Stoß in einer kleinen Verdichtungspumpe ein Stückchen Zunder entzündet*).

*) Gilb. Annalen XXX. 268.

Eine entgegengesetzte Wirkung bemerkt man bei plötzlicher Verdünnung der Luft, indem da eine bedeutende Kälte hervorgebracht wird. *)

Die vermehrte Capacität der verdünnten Luft ist die wahre Ursache der in den höhern Gegenden der Atmosphäre herrschenden Kälte. Durch die ungleiche Einwirkung der Sonnenstrahlen und durch die Abwechselung von Tag und Nacht wird eine unaufhörliche und schnelle Circulation zwischen den höhern und tiefern Schichten unterhalten, und es ist klar, daß für jedes von der Erdfläche aufsteigendes Theilchen, ein gleiches oder entsprechendes Theilchen sich senken muß. Das steigende Lufttheilchen dehnt sich aus, erlangt eine größere Wärme-Capacität und eine verminderte Temperatur, während die herabsinkende Luftmasse bei verminderter Capacität unten Erwärmung bewirkt. Eine Luftschicht in irgend einer bestimmten Höhe leidet also von der aufsteigenden und von der herabsinkenden Luft einen entgegengesetzten Einfluß; da nun dennoch die mittlere Temperatur in jeder Höhe im Ganzen dieselbe bleibt, so müssen diese störenden Ursachen einander das Gleichgewicht halten, oder das wahre Maaß der Wärme

*) Gilb. Ann. XVIII. 412.

ist in allen Höhen dasselbe und leidet nur einige äusfere Modificationen wegen der Ungleichheit der Capacität in dem Flüssigen, mit welchem die Wärme Verbindungen eingeht. Diese Temperatur ist also in umgekehrtem Verhältniß der Capacität derjenigen Luft, die so verdünnt ist, wie die gegebne Höhe es fordert; und es war demnach nicht schwer, nachdem ich durch einige feine Versuche das Gesetz bestimmt hatte, wie die Wärme-Capacität der Luft von ihrer Verdünnung abhängt, die Grade der Wärme-Abnahme in der Höhe und selbst die Grenze, wo die unaufhörliche Frostkälte anfängt, zu bestimmen. Hiernach finde ich, daß die Grenze des ewigen Eises unter dem Aequator in 15207 Fuß Höhe, in 45 Gr. Breite in 7671 Fuß Höhe, in der Breite von London in 5950 Fuß Höhe, in der Breite von Stockholm in 3818 Fuß Höhe sein, und gegen die Pole hin die Oberfläche der Erde berühren muß *).

---

*) Ich theile noch folgende Angaben von Humbold zur Vergleichung mit: Unter dem Aequator ist die untere Grenze des ewigen Schnees 2460 Toisen, unter 20 Gr. nordl. Breite 2360 Toisen, in 40 Gr. nordl. Breite 1540 Toisen.

† Diese Höhen sind 15740 engl. Fuß; 15100 Fuß und 9850 Fuß. Br.

## Wärme-Leitung der verschiedenen Körper.

Es ist der Mühe werth, zu untersuchen, auf welche Weise die Wärme durch verschiedene Körper fortgeleitet wird. Bei festen Körpern kann keine Ortsveränderung der erwärmten Theilchen statt finden, sondern diese müssen abwechselnd die auf einander folgenden Eindrücke annehmen und mittheilen. Erwärmt man zum Beispiel das eine Ende eines metallenen, hölzernen oder gläsernen Cylinders, der am andern Ende mit einer großen Masse in Verbindung steht, so stellt sich bald eine stufenweise Abnahme der Temperatur durch die ganze Kette der verbundenen Körpertheilchen her. Behielte nun hier jedes zwischen liegende Theilchen des wärmeleitenden Körpers seine einmal erlangte Temperatur ungeändert, so könnte keine Fortpflanzung der Wärme statt finden; man muß sich daher vorstellen, daß jede der Schichten, in welche wir uns den Cylinder getheilt denken, eine gewisse begrenzte Oscillation erleidet, indem sie bald im Ueberschuß, bald im Mangel vom Gleichgewicht abweichend, und so sich theilweise ausdehnend und zusammenziehend, bei jedem dieser Wechsel ein wenig Wärme von dem vorliegenden Theil-

chen empfängt, und es dem folgenden abtritt. Es muß also eine Reihe innerer, verbundener Schwingungen durch die ganze Verbindungskette fortgehen, und die Stärke der Fortleitung wird von der Größe und Schnelligkeit jeder einzelnen Vibration abhängen.

Ist der leitende Körper dagegen ein flüssiger, so wird durch die Beweglichkeit der einzelnen Theilchen die ganze Art der Mittheilung eine andre werden. Das nächste Theilchen dehnt sich durch die Wärme aus und wird dadurch nicht blos fortgedrängt, sondern es wird auch vermöge seiner erlangten geringern Dichtigkeit gegen die Oberfläche zu aufsteigen. Die Wärme verbreitet sich nun schnell in horizontalen Schichten durch die Masse, die wärmsten Theilchen nehmen die höchsten Schichten ein und die übrigen ordnen sich ihrer Wärme gemäß in den tiefern Schichten. Wenn man einen heißen Körper in Wasser taucht, so wird ein Theil der Wärme nach und nach von dem umgebenden Flüssigen aufgenommen, und vermittelst der auf einander folgenden Vibrationen durch die Masse fortgepflanzt, so wie es bei einem leitenden festen Körper der Fall sein würde; aber das Zurückweichen der erhitzten Theilchen oder das Aufsteigen, welches Folge ihrer Ausdehnung

dehnung ist, befördert nun die Entziehung der Wärme. Die weitere Austheilung dieser Wärme, die durch das Mittheilen der kleinen Wärme-Unterschiede von Schichte zu Schichte unterwärts geschehen sollte, kömmt sehr langsam und schwierig zu Stande, und meistens erhalten die tiefer liegenden Theilchen nur einen geringen Antheil von der Wärme der höhern Schichten. Dieses ist der Grund, warum tiefe Wasser, die dem wechselnden Einflusse der Sonne ausgesetzt sind, allemal am Boden bedeutend kälter, an der Oberfläche wärmer gefunden werden, als es der mittlern Wärme des Clima's gemäß ist; die durch die Sommerwärme erhitzten Theilchen bleiben an der Oberfläche, ohne viel Einfluß auf die Masse in der Tiefe; aber während der rauhen Winterkälte leiden eben diese Theilchen eine Verdichtung, indem sie sich in einen engern Raum zusammen ziehen, und so erkaltet sinken sie in die Tiefe. Bei allen Wechseln der Temperatur ist also, wegen der langsamen und unvollkommenen Mittheilung der Wärme von Schichte zu Schichte, ein immerwährendes Bestreben, die wärmern Theile an der Oberfläche zu sammeln, und die erkalteten in die Tiefe hinabzusenken; und deshalb ist das Wasser am Boden tiefer Seen gleichförmig und in bedeutendem Grade

kalt. *) Auf offenem Meere bemerkt man dieses nicht so, weil die Strömungen und die Wechsel von Fluth und Ebbe die ungleich erwärmten Wassermassen so untereinander mischen, daß die Temperatur einigermaßen ausgeglichen wird. Aber in der Nähe ausgedehnter Untiefen, wo tiefere und höhere Schichten sich nicht so mischen können, scheint diese Ausgleichung nicht statt zu finden, und man hat daher die zunehmende Kälte des aus bestimmten Tiefen heraufgezogenen Wassers im Ocean als ein sicheres Zeichen, daß man sich minder tiefen Gegenden, Ankerplätzen und wohl gar dem Lande nähere, angegeben. **)

---

*) In den Schweitzer Seen ist das z. B. der Fall, Gilberts Annalen LXVI. S. 146; aber im Allgemeinen findet das auch im Meere statt nach Horners Beob. Gill. Annal. LXIII. Br.

**) Die Ursache, warum über einem minder tiefen Meeresboden das Wasser in einiger Tiefe unter der Oberfläche kälter gefunden wird, scheint folgende zu sein. Die Wassertheilchen am Boden des Meeres mögen, wenn keine Strömungen eine Aenderung hervorbringen, beinahe diejenige Kälte haben, welche die Luft dort in der kältesten Zeit erlangt, oder die, welche der größesten Dichtigkeit des Wassers entspricht. Das wird ungefähr der Fall sein, der Boden mag 100 oder 1000 Fuß unter der

Da Wasser durch Erwärmung sich in zunehmendem Maaße ausdehnt, so wird in den höheren Temperaturen die Wärme, welche dem eingetauchten erhitzten Körper durch Strömung oder durch die stete Erneuerung der ihn berührenden Theilchen entzogen wird, viel bedeutender. Dem Gefrierpuncte nahe ist diese Wirkung der Strömung unbedeutend, und Wasser ist dann kein viel besserer Leiter als Eis; aber bei starken Erhitzungen wird die Beweglichkeit so groß, daß das Wasser die Wärme fünfmal schneller leitet, als in jenem trägen Zustande. In andern flüssigen Körpern bringt die Vermehrung der Temperatur eine ähnliche Aenderung der Leitungskraft hervor, doch nicht so auffallend, weil die Ausdehnung bei andern Flüssigkeiten weniger von der Gleichförmigkeit abweicht.

---

Oberfläche liegen, und da vom Boden bis an die Oberfläche die Wärme ziemlich gleichförmig zunimmt, so ist offenbar das Wasser in 100 Fuß Tiefe viel weniger kalt, wenn man sich über 1000 Fuß Tiefe befindet, als wenn man es da, wo die Tiefe wenig über 100 Fuß beträgt, fast vom Boden des Meeres heraufholt. Br.

# Strahlende Wärme.

Die Ableitung der Wärme durch Luft und andre gasartige Flüssigkeiten ist noch weniger einfach, und eine sorgfältige Untersuchung derselben hat uns einige verborgene Eigenschaften der Materie kennen gelehrt und zu unerwarteten und höchst merkwürdigen Folgerungen geleitet. Hier nämlich scheint eine ganz neue Art der Mittheilung einzuwirken, und man findet, daß die schnellere oder langsamere Zerstreuung der Wärme wesentlich von der Beschaffenheit der Oberfläche abhängt. Eine polirte metallische Oberfläche sendet nur schwach die Wärme fort; dagegen wird von einer Glasoberfläche, und noch besser von einer Papier-Oberfläche die Wärme viel reichlicher ausgesendet. Nimmt man zwei gleiche Kugeln von dünnem glänzendem Silber, die eine unbedeckt, die andre mit dünnem Cambrai überzogen, füllt beide mit erwärmtem Wasser und hängt sie in einem verschlossenen Raum auf, so verliert jene allemal nur 11 Theile ihrer Wärme in eben der Zeit, da die andere 20 Theile verliert *). Von

*) Dies Experiment ist eines von denen, die sich sehr leicht anstellen lassen. Nimmt man eine Wasser-

diesem Verluste kann man 10 Theile auf die gewöhnliche Mittheilung an die nach und nach sich erwärmenden und dann sich entfernenden Lufttheilchen rechnen; das Uebrige, was bei der glänzenden Oberfläche 1 Theil, bei der bedeckten Oberfläche 10 Theile beträgt, wird gleichfalls durch die Luft fortgeführt, aber mit einer strahlenden Schnelligkeit, die in einem Augenblick ihre Wirkung in erheblichen Entfernungen zeigt, auf eine Weise, die nur bei luftförmigen flüssigen Körpern statt findet. Diese überwiegende forttreibende Kraft einer Glasfläche oder einer Papierfläche in Vergleichung gegen die der Metallfläche ist sogar bei ganz gewöhnlichen Versuchen merklich. Wenn nämlich eine Glasflasche oder ein Porcellantopf mit kochendem Wasser gefüllt ist, so bemerkt man, indem man die flache

---

kanne von polirtem Metall und stellt eine andre ganz gleiche aber mit Ruß über dem Lichte geschwärzte daneben, bringt man in beiden eine gleiche Menge Wasser zum Kochen und löscht in demselben Augenblick die Lampen über denen sie kochten aus, so fällt das in der ersten eingesenkte Thermometer viel langsamer als das in der letzten, und wenn gleich die Verschiedenheit in der Abkühlungszeit nicht so merklich ist, als in dem Versuche, den der Verfasser angiebt, so ist er doch auffallend genug, um den Einfluß der Oberfläche auf die Abkühlung zu zeigen. Br.

Hand nahe bringt, schon in der Entfernung von 1 bis 2 Zoll von der erhitzten Oberfläche eine angenehme Wärme; aber ein ebenfalls mit heissem Wasser gefülltes silbernes Gefäß läßt, wenn man sich der Oberfläche nähert, kaum einige Wärme empfinden, bis man fast das Metall schon berührt.

Es ist der Mühe werth zu untersuchen, wie diese auffallende Verschiedenheit entsteht. Bedeckt man die Silberkugel nur mit dem dünnsten Goldschlägerhäutchen, dessen Dicke nicht über $\frac{1}{3000}$ Zoll beträgt, so vermehrt sich die Zerstreuungskraft von 1 auf 7; fügt man ein zweites Häutchen hinzu, so nimmt sie von 7 bis auf 9 zu, und so geht es fort, bis man fünf Bekleidungen angebracht hat, wobei die zerstreuende Kraft am stärksten geworden und bis auf 10 gestiegen ist. In diesem Falle ist die metallische Oberfläche ganz außer Berührung mit der Luft und diese muß folglich hier ganz so wirken, wie es ihre Verbindung mit der äußern Hülle fordert. Wir dürfen daraus schließen, daß die Luft nie in wirkliche Berührung mit irgend einer Oberfläche kömmt, aber sich dem Glase und Papier weit mehr als dem polirten Metall nähert, von welchem sie durch einen Abstand von wenigstens $\frac{1}{500}$ Zoll entfernt ist. Eine Glas-Oberfläche muß daher, wegen ihrer Nähe an

dem umgebenden Medium, die Wärme reichlicher und kräftiger hergeben, als unter eben den Umständen eine Metallfläche, und das Metall kann sogar bis zu gewissem Grade die Wirkung jener hindern. Wenn nur ein Häutchen angewandt ward, so trieb die unmittelbar darunter befindliche Metallfläche noch zum Theil die atmosphärische Umgebung zurück, und beschränkte den Wärme-Ausfluß auf 7, statt daß das Häutchen allein 10 gegeben hätte; selbst bei vierfacher Bedeckung war die Einwirkung des Metalls noch merklich, also noch bei einem Abstande von $\frac{1}{750}$ Zoll von der Metalloberfläche *).

Welche Kräfte diese verschiedenen, der Atmosphäre mitgetheilten Wärmemengen weiter durch die flüssige Masse forttreiben, scheint schwerer begreiflich. Die Strömung der erhitzten Luft hat darauf keinen Einfluß, denn selbst bei den stärksten Bewegungen der Luft bleibt dieses Ausstrahlen von Wärme ungeändert. Die Luft muß also, ohne ihre Stelle zu ändern, durch eine Art wellenförmiger Bewegung

---

*) Durch diese Voraussetzung, daß die Luft sich weniger genau an Metallfläche als an Papier u. s. w. anschließe, scheint die Erscheinung der strahlenden Wärme nicht sehr aufgeklärt zu werden. Br.

die Wärme verbreiten, auf eine ähnliche Art, wie sie den Schall fortpflanzt. Die Lufttheilchen unmittelbar an der Oberfläche nehmen von dieser Wärme etwas auf, dehnen sich aus und fangen so die Zitterungen an; wenn sie nun sich wieder zusammen ziehen, so giebt diese ganze Lufthülle seinen Wärme-Ueberschuß an die zunächst vorliegenden Theilchen, die sich nun ausdehnen und so die Wärme verbreiten. Diese vibrirenden Eindrücke werden nicht in genau geraden Linien fortgeführt, sondern jede nachfolgende Zitterung strebt, wie beim Schalle, eine gleiche Zerstreuung zu gewinnen. Hindernisse verschiedener Art können daher gar wohl erhebliche Ablenkungen der Wärme von ihrem Wege bewirken. Daher rührt es, daß wenn man Pappringe in Form eines hohlen Horns, wie man das Füllhorn bildet, zusammensetzt, und die weite Oeffnung dieses Horns in einiger Entfernung dem Feuer gegenüber stellt, sich in der engen Oeffnung, ungeachtet der Biegungen des Rohrs eine angehäufte Wärme zeigt; — vermuthlich auf ähnliche Weise, wie Wellen, die von einer offenen Rhede in einen engen Hafen strömen, nun zusammengedrängt und seitwärts gebeugt, ohne zurückgeworfen zu werden, furchtbare Wogen bilden.

Dieselbe Art von Zitterungen oder Pulsationen macht nun ebenfalls die Atmosphäre fähig, auch die Eindrücke der Kälte fortzupflanzen. Die an einer kalten Fläche anliegende Luft wird plötzlich erkaltet, leidet eine Zusammenziehung und bringt so eine Kette von Pulsationen hervor. Dieser Zusammenziehung folgt sogleich eine Ausdehnug, welche der nächsten Schichte, die sich jetzt im Zustande der Zusammenziehung befindet, Wärme entzieht, und die scheinbare Kälte oder vielmehr die Wärme-Entziehung pflanzt sich nun in immer erweitertem Umfange fort. Die Kraft der Fortpflanzung hängt auch hier von der Natur der Oberfläche ab, welche diese Einwirkung leidet. Daher fühlt man schon in einiger Entfernung die Kälte eines mit Eis oder noch besser mit Schnee und Salz gefüllten Porcellanbechers, statt daß ein silbernes Gefäß, mit eben der Mischung gefüllt, die ihm genäherte Hand nicht eher abkühlt, bis es ganz mit Thau bedeckt ist und also keine rein metallische Fläche mehr darbietet.

Aber dieselben Eigenschaften, welche eine Oberfläche fähig machen, die Hitze oder Kälte strahlend zu entsenden, machten sie gleichfalls fähig unter andern Umständen die Eindrücke derselben aufzunehmen. So wie eine Glasoberfläche ihre Wärme

reichlich ausstrahlet, so nimmt sie auch, der heranströmenden Wärme ausgesetzt, sie mit ganzer Kraft auf; und so wie eine polirte Metallfläche nur langsam ihre Wärme entläßt, so nimmt sie auch von der zuströmenden Wärme wenig auf, und wirft alle übrige zurück. Die Kräfte der Oberfläche, in sich aufzunehmen und von sich zurückzuwerfen, stehen also genau einander gegenüber, und die eine bringt ein, was die andre entzieht. Die unbedeckte Kugel eines Thermometers in der Nähe eines Gefäßes mit heißem Wasser gehalten, zeigt einen sehr merklichen Zufluß von Wärme, aber mit Zinnblatt belegt oder vergoldet wird das Thermometer kaum einige Wärme zeigen. Aus eben dem Grunde kann man die Hand, wenn sie durch einen Handschuh von polirtem Metall bedeckt ist, dem Feuer ganz nahe bringen, da hier die Wärmestrahlen zurückgeworfen oder abgelenkt werden. Setzt man ein Blatt Papier der andringenden Wärme in der Luft entgegen, so nimmt dieses den ganzen Eindruck auf, eine Glasscheibe dagegen treibt etwa $\frac{1}{10}$ zurück, und eine polirte Silberplatte wirft $\frac{9}{10}$ zurück und nimmt nur $\frac{1}{10}$ auf. Bedeckt man dagegen die Metallfläche mit einem Häutchen von $\frac{1}{3000}$ Zoll Dicke, so werden nur noch $\frac{3}{10}$ zurückgeworfen und das übrige zur Erwär-

mung des Körpers aufgenommen; fügt man mehrere Bedeckungen hinzu, so daß die ganze Bekleidung $\frac{1}{500}$ Zoll stark wird, so nimmt die zurückgeworfne Wärme fast bis auf nichts ab. Deshalb ist die Sammlung von Wärme oder Kälte im Brennpuncte eines Metallspiegels sehr auffallend, statt daß ein Glasspiegel eben die Wirkung nur höchst schwach zeigt.

Man kann die verschiedene Wirkung der Glasfläche und der Metallfläche beim Ausstrahlen der Wärme und beim Aufnehmen der strahlenden Wärme durch einen leichten Versuch zeigen. Man nehme eine Glasplatte von etwa 4 Zoll ins Gevierte und belege eine ihrer Seiten zur Hälfte mit Zinnfolie; oder will man es noch zierlicher haben, so belege man die eine Hälfte der Seite eines dünnen quadratischen Micaſtückchens mit Silberblatt. Hält man nun die Platte, indem die zum Theil bekleidete Seite dem Feuer zugewandt ist, einige Secunden ziemlich nahe ans Feuer, und berührt die Hinterseite mit dem Finger, so fühlt man hinter der Metallbedeckung kaum einige Erwärmung, während die Wärme des freien Theiles sehr merklich ist. Und wenn man die Stellung umgekehrt nimmt, so daß die unbedeckte Seite dem Feuer zugewandt ist, so bemerkt man einen ent-

gegengesetzten, obgleich minder auffallenden Unterschied, nämlich die Metallbedeckung wird merklich wärmer, als der unbedeckte Raum, weil die absorbirte Wärme an der innern Oberfläche nicht so von dem Zinn- oder Silberblatt aufgenommen wird, und sich also in diesem Theile der Belegung anhäuft. Im letzten Falle ist der Unterschied der Temperatur, welche hervorgebracht wird, beinahe das Doppelte, im ersten Falle dagegen beinahe das zehnfache. Wirkungen ähnlicher Art, eben so einander gegenüberstehend, obgleich minder erheblich, erhält man, wenn man jene theils belegte Glasplatte mit einem dünnen Häutchen bedeckt; die bloße Nähe des Metalls schwächt die Verschluckung, so wie die Ausstrahlung der Wärme.

Diese sonderbaren Erscheinungen verdienen Aufmerksamkeit und geben uns manche Vortheile bei der Benutzung der Wärme an. Gefäße mit glänzend metallischer Oberfläche sind am besten geschickt, um Flüssigkeiten warm und um sie kalt zu erhalten. Ein silbernes Gefäß läßt kaum halb soviel Wärme verlohren gehen, als ein Gefäß von Porcellan, und der leichteste Ueberzug mit Gold, Platina oder Silber, wodurch die Porcellane einen Metallglanz er-

halten, bewirkt, daß sie etwa um ein Drittheil mehr die Wärme in sich zurückhalten. Wollte man, weil Flanell die Wärme allerdings schlecht leitet, eine Bedeckung von Flanell anbringen, so würde dieses vielmehr das Gegentheil bewirken, denn die alsdann der Atmosphäre dargebotene Oberfläche hat eine viel grössere, die Wärme forttreibende Kraft, und es würde eine dreifache Bedeckung eines solchen lockern Zeuges nöthig sein, um jener Wirkung das Gleichgewicht zu halten. Bei den Cylindern der Dampfmaschine hat man kürzlich mit großem Vortheil diese Bedeckung von polirtem Kupfer angebracht. Will man die Abkühlung noch mehr hindern, so muß man das erwärmte Gefäß von allen Seiten, etwa in 1 Zoll Entfernung mit einem Kasten von Zinnplatten umgeben, und mehrere solche Kästen, die sich in gleichen Abständen umschließen, sichern noch vollkommener den Erfolg. Nimmt man nur einen solchen Kasten, so ist die Abkühlung 3 mal langsamer, mit 2 Kästen 5 mal langsamer, mit 3 Kästen 7 mal langsamer und so fort nach der Ordnung der ungeraden Zahlen. Wenn man also die Metallkästen vervielfältigt, und sie in gleichen Entfernungen einander umschließen läßt, so könnte man dem innersten seine Wärme viele Stunden, ja Tage lang, mit geringer Verände-

rung erhalten, was manche häusliche Vortheile herbeiführen mögte.

Wo also Dampf durch Röhren fortgeführt wird, sollte man diesen Röhren immer ihren Metallglanz erhalten; dagegen, wo man durch diese Fortleitung Zimmer erwärmen will, da muß man sie dünne übermalen, damit sie die Wärme leichter entlassen. Aus eben dem Grunde erhitzen metallene Gefäße sich leichter, wenn ihre Böden geschwärzt oder beräuchert sind. Wenn man ein glänzendes Metall mit feinen Linien furchet oder mit feinen Streifen theilet, so läßt es die Hitze schneller fahren, weil die vorstehenden Streifen nun sich der allgemeinen atmosphärischen Begrenzung mehr nähern, und eine stärkere Ausstrahlung hervorbringen *). Dagegen bildet die

*) Diese so oft wiederholte Bestimmung des Grundes, warum die polirte Oberfläche weniger strahlende Wärme aufnimmt und hergiebt, als die unpolirte, scheint keinesweges auf sicher beweisenden Erfahrungen zu beruhen, und in der That mögte es für jetzt wohl am besten sein, nur die entschieden wahre Erscheinung anzugeben, und noch keine Hypothese über die Ursache aufzustellen. Eine Uebereinstimmung mit den Erscheinungen des Lichtes läßt sich aber hiebei nicht verkennen, indem dieses an polirten Oberflächen nicht bloß dann zurückgeworfen wird, wenn es im Begriff ist, in den fe-

dünnste Metallplatte, wenn sie nur an beiden Seiten polirt ist, den wirksamsten Feuerschirm, und ein an beiden Seiten übergoldetes Pappblatt thut eben die Dienste. Einen recht gut die Wärme zurückhaltenden und zugleich hübschen Feuerschirm könnte man aus zwei parallelen Stücken Chinesischen Papiers, die 1 Zoll von einander entfernt sind, machen, wenn die beiden innern Seiten vergoldet, und die beiden äußern etwa mit Gold- und Silberblumen bedeckt wären *).

---

stern Körper einzudringen, sondern selbst auch wenn es aus dem dichtern Körper heraus in die Luft übergehen soll. Die Vergleichung findet freilich nur bei durchsichtigen Körpern statt, aber da doch unstreitig auffallend, indem der Lichtstrahl an der Vorderseite der polirten Glasmasse zurückgeworfen wird, so wie der Wärmestrahl von der polirten Metallmasse, und der Lichtstrahl an der polirten Hinterseite der Glasmasse wieder in ihr Inneres zurückgeworfen wird, so wie bei der Wärme die polirte Oberfläche den Verlust der Wärme, das Ausstrahlen der Wärme hindert. Beim Lichte hängt das schwerlich von der Berührung der Luft oder der nicht nahen Berührung der Luft ab, es erhellt also nicht, daß wir es bei der Wärme darauf beziehen dürfen, zumal da etwas Aehnliches im luftleeren Raume statt findet. Br.

*) Da wegen der strahlenden Wärme unsre Thermometer nicht genau die Wärme der Atmosphäre an-

Da der Wärmeverlust in stiller Luft bei einem Gefäße, was es auch enthalten mag, bloß von der Oberfläche abhängt, und der ganze Verlust an Wärme, während der Abnahme der Temperatur, der Zeit proportional ist, so bietet sich dadurch ein einfaches und genaues Mittel dar, um die Wärme Capacität verschiedener flüssiger Körper oder ihre specifische Attraction für die Wärme zu bestimmen. In eine sehr dünne geblasene Glaskugel von 2 Zoll oder mehr Durchmesser, die einen kurzen, engen Ansatz hat,

---

geben, so hat Flaugergues ein Mittel, das ganz auf eben den Betrachtungen beruht, vorgeschlagen, um den Einfluß der strahlenden Wärme aufzuheben. Er stellt nämlich das Thermometer in einen, an der innern und äußern Seite mit Silberpapier überzognen Cylinder von 2 1/2 Zoll Durchmesser und 8 Zoll Länge. Die Luft hat da freien Zugang, aber die von benachbarten Körpern ausgebenden Wärmestrahlen werden fast gänzlich zurückgehalten. Nach Flaug. Anleitung soll der Cylinder bloß aus zwei mit der nicht versilberten Seite zusammengeklebten Blättern Silberpapier bestehen, damit er wenig Masse habe und um so weniger durch seine eigne Wärme auf das Thermometer einwirke. Die Vorschrift, daß man die Rückseite des Silberpapiers vor dem Zusammenkleben mit Lampenruß schwärzen solle, weil dieses die Wärme sehr schlecht leitet, scheint mir von minderer Wichtigkeit. Br.

hat, wodurch ein sehr genaues Thermometer eingesetzt ist, bringt man mit Hülfe eines Trichters die zu prüfende flüssige Materie, die vorher um einige wenige Grade erwärmt ist. Man läßt die Kugel dann auf den spitzen Enden dreier zarter Glasstäbchen einige Zolle vom Tische entfernt ruhen, und sichert sie gegen die Bewegung der Luft vermittelst einer großen Glasglocke. Man bemerkt nun mit Hülfe einer Uhr, die sich anhalten läßt, (nach Art der Tertien-Uhren) die Zahl von Secunden, welche das Thermometer gebraucht, um von einem gegebnen Puncte bis zu einem andern zu sinken, oder bis zur Hälfte des Ueberschusses über die Temperatur der umgebenden Luft herabzusinken. Dann leert man die Kugel aus, und wiederholt das Experiment mit andern Flüssigkeiten. Diese verschiedenen Abkühlungszeiten, denen man eine geringe Correction wegen der Masse der Kugelschale und des Thermometers beifügen sollte, drücken nun die verhältnißmäßigen Mengen der Wärme aus, die in einem gleichen Volumen jener Flüssigkeiten enthalten sind. Da man aber die Dichtigkeiten derselben schon kennt, so ist es leicht, ihre verhältnißmäßigen Capacitäten zu berechnen, das heißt, die Wärmemengen, welche gleichschwere Massen jener Materien in sich zu enthalten vermögen.

Eben das Mittel könnte man für pulverisirte feste Körper anwenden.

Diese gleichförmige Abkühlung kann uns dienen, um den Wärmeverlust für verschiedene Gasarten genau zu entdecken, und den einer jeden zukommenden Antheil zu bestimmen. Hiezu ist eine etwa 3 Zoll im Durchmesser haltende Kugel aus polirtem und sehr dünnem Silber am besten, und man kann diese nach und nach mit Häutchen oder feinem Cambrai bedecken, oder mit gebranntem Elfenbein überfärben. Um unnöthige Weitläuftigkeit zu vermeiden, mag es hier hinreichen, das Hydrogengas als Beispiel anzuführen, welches sich bei weitem am meisten auszeichnet. Die Menge von Wärme, die in dieser wirksamen Gasart von einer Glas- oder Metall-Oberfläche als strahlende Wärme ausgesendet wird, ist sehr nahe dieselbe, wie in atmosphärischer Luft; aber derjenige Antheil Wärme, der dem Körper durch das allmählige Fortströmen der erwärmten Lufttheilchen entzogen wird, beträgt nicht weniger als das vierfache von dem, was wir in der gewöhnlichen Luft beobachten. Man kann kaum einen Grund vermuthen, der diesen auffallenden Unterschied erklären könnte. Wasserstoffgas, obgleich nur $\frac{1}{10}$ so dicht als atmosphärische Luft, enthält dennoch in gleichem

Volumen eben so viel Wärme, und seine große Elasticität macht es geschickt, die schwingenden Eindrücke dreimal schneller fortzupflanzen. Es muß folglich diese Eindrücke dreimal langsamer empfangen, wenn jenes ausgeglichen werden soll. Ist nun dieser Einfluß, wie man es am meisten wahrscheinlich finden mögte, begrenzt auf die unmittelbar der Oberfläche anliegenden Theilchen, so würde das Maaß der bei bestimmtem Temperatur-Unterschiede von diesem engen Raume aufgenommenen Wärme zwischen das zwei- oder dreifache herabgesetzt. Diese gegenseitige Compensation der Wirkung stimmt nahe mit der Erfahrung überein*). Aber der vierfach so große Wärmeverlust, der durch die fortwährende Erneuerung

---

*) Diese Schlüsse sind dunkel. Es scheint eine theoretische Folgerung zu sein, daß die 10 mal so elastische Luftart die Schwingungen 3, 1 ($= \sqrt{10}$) mal so schnell fortpflanzen müsse; da nun die Erfahrung den Wärmeverlust an strahlender Wärme gleich giebt, so muß jenes durch die langsamere Mittheilung compensirt werden. — Mir scheint, daß man aus dieser Gleichheit der ausstrahlenden Wärme eher den Schluß ziehen könne, daß es für die strahlende Wärme gar nicht auf die Natur der umgebenden Gasart ankomme, sondern diese in allen Luftarten und im leeren Raume ganz auf gleiche Weise ausströme. Br.

der anliegenden Schichten entsteht, muß der großen Beweglichkeit des Wasserstoffgas zugeschrieben werden.

Die als strahlende Wärme durch das Wasserstoffgas entweichende Wärme ist bei einer bemalten Oberfläche wieder 10 mal so groß als bei einer glänzend metallischen; jener Wärmeverlust dagegen, der von der Beschaffenheit der Oberfläche unabhängig ist, und durch die Berührung der Theilchen entsteht, beträgt hier 40, wenn man jene durch 10 und 1 ausdrückt. Der gesammte Wärmeverlust ist also unter sonst gleichen Umständen bei einer bemalten und einer metallischen Oberfläche in der atmosphärischen Luft durch 20 und 11, im Wasserstoffgas durch 50 und 41 ausgedrückt. So findet man also, daß der Unterschied der Abkühlungszeit im Wasserstoffgas nicht so auffallend, fast nur wie 5 zu 4 ist. Die Silberkugel mit Cambrai bedeckt, kühlt sich $2\frac{1}{2}$ mal schneller ab im Wasserstoffgas, als in atmosphärischer Luft, aber 4 mal schneller, wenn die polirte Kugel unbedeckt ist.

Die große Beweglichkeit des Wasserstoffgas beschleunigt merklich die Zerstreuung der Wärme bei dieser Fortführung. Aber ein ähnlicher Wärmeverlust wird immer eintreten, wenn ein erhitzter Körper

der Wirkung eines Stromes der flüssigen Materie ausgesetzt ist, und dieser wird immer der Schnelligkeit des Stromes genau proportional sein. Taucht man eine recht große Thermometerkugel plötzlich in fließendes Wasser, das die Geschwindigkeit von $\frac{1}{3}$ Meile in der Stunde *) hat, so findet man, daß sie ihre Wärme doppelt so schnell als in stillstehendem Wasser verliert; man kann daher schließen, daß ein Strom von 2 Meilen Geschwindigkeit in der Stunde die Wärme 7 mal so schnell entziehen würde **). Eine ähnliche Beschleunigung der Wirkung bringt ein Luftstrom hervor, und zwar so, daß eine Schnelligkeit des Windes von 4 Meilen in der Stunde den Wärmeverlust, so fern er von jener Fortführung der bewegten Theilchen herrührt, verdoppelt. Ein Wind von 8 Meilen Geschwindigkeit in der Stunde würde also die Schnelligkeit der Abkühlung verdoppeln, wenn die Oberfläche gefärbt ist, und fast verdreifachen, wenn sie metallisch glänzend ist ***); ein Wind,

*) Also etwa 1 1/2 Fuß in 1 Sec. Br.

**) Nämlich: Verlust in stillem Wasser = 1, und dazu der 6 fache Verlust wegen der 6 mal so großen Geschwindigkeit. Br.

***) Rechnet man nämlich, nach den obigen Zahlen-Angaben, 10 auf jene fortgeführte Wärme in stiller

der 40 Meilen in der Stunde zurücklegte, würde die Abkühlung der bemalten Oberfläche 6fach, der metallischen 10fach beschleunigen, so daß nun kaum noch ein Unterschied zu bemerken sein würde*). So könnte man die Geschwindigkeit des Windes ausmitteln, wenn man 8 Meilen multiplicirte in den Ueberschuß der Wirkung, die sich bei der Abkühlung eines Glasgefäßes oder übermalten Gefäßes zeigt**).

---

Luft, eben so viel auf die fortgeführte Wärme durch einen Wind von 4 Meilen, also 20 durch einen Wind von 8 Meilen in der Stunde, so ist dieser Wärmeverlust = 30; der Wärmeverlust durch die Strahlung ist = 10 bei einem übermalten Gefäße, und = 1 bei metallischer Oberfläche; also die Summe des ganzen Wärmeverlusts für die übermalte Oberfläche = 40, für die metallische = 31 in einem Luftzuge, der 8 Meilen in der Stunde durchläuft, statt daß jener = 20, dieser = 11 war, in stiller Luft.

Da hier immer englische Meilen zu verstehen sind, so hat ein Wind von 4 Meilen auf die Stunde eine Geschwindigkeit von 6 Fuß in der Secunde, von 40 Meilen auf die Stunde eine Geschwindigkeit von 55 Fuß in der Secunde. Br.

*) Für die bemalte Oberfläche würde nämlich nun der Wärmeverlust durch 10 + 10 . 10 + 10 = 120, für die metallische Oberfläche durch

$$10 + 10 \,.\, 10 + 1 = 111$$

ausgedrückt.

**) Braucht nämlich das Gefäß, um eine gewisse Ab-

Selbst bei stiller Luft wird die Abkühlung beschleunigt, wenn der erwärmte Körper eine sehr hohe Temperatur erlangt hat, weil das beständige Aufsteigen der erhitzten Theilchen, die in der That einen Strom bilden, desto stärker ist, je beträchtlicher der Unterschied der Temperaturen ist. Beträgt der Temperatur-Unterschied 30 Centesimalgrade, so wird dieser verticale Strom von erhitzter Luft die Menge der durch Fortführung zerstreuten Wärme auf das Doppelte bringen, also eben so vermehren, wie ein Wind von 4 Meilen in der Stunde. Eine Kugel 90 Centes. Grad wärmer als die Luft wird also 3 mal soviel durch diese Strömung verlieren, und der gesammte Wärmeverlust wird jetzt bei der übermalten Kugel auf 50, bei der polirten Silberkugel auf 41 steigen*). Das ist nun beinahe genau eben das

---

kühlung zu erreichen, die Zeit $= a$ in ruhender Luft, die Zeit $= b$ dem Winde ausgesetzt, so besteht die Menge der verlohrnen Wärme im ersten Falle aus $10 + 10$, im letzten Falle aus $10 + n \,.\, 20 + 10$, wenn der Wind $= 8\,n$ Meilen in der Stunde durchläuft, also weil der gesammte Wärmeverlust gleich, also $20 \,.\, a = 20 \,.\, b\,(n + 1)$, oder $a - b = n \,.\, b$, angenommen wird, $n = \frac{a - b}{b}$

Br.

*) Bei jener $= 10 + 3 \,.\, 10 + 10$, bei dieser

Verhältniß, was bei sehr geringem Temperatur-Unterschiede für die Abkühlung in Wasserstoffgas und in atmosphärischer Luft statt findet. Beträgt aber im Wasserstoffgas die Erwärmung so viel, daß der Unterschied der Temperatur auf 90 Centes. Gr. steigt, so kann man den Wärmeverlust bei den beiden hier immer mit einander verglichenen Oberflächen durch 170 und 161 darstellen *). Es würde indeß ermüdend sein, diese Entwickelung weiter fortzusetzen.

---

= 10 + 3 . 10 + 1, wo nämlich das letzte der drei Glieder den Verlust durch strahlende Wärme, das erste Glied den fortgeführten Antheil Wärme bei geringem Unterschiede der Temperatur in stiller Luft, das mittlere Glied den Verlust durch den Strom, welchen der große Wärme-Unterschied hervorbringt, angiebt. Br.

*) Nach dem vorigen ist nämlich der Verlust an Wärme durch Fortführung im Wasserstoffgas bei geringem Wärme-Unterschied = 40, bei einem Unterschied der Temperatur von 30 Gr. kommen 40, bei einem Unterschied von 90 Gr. kommen 120 hinzu; dieser, beiden Arten von Oberfläche gemeinschaftliche Verlust ist also = 160, und dazu kömmt als ausstrahlende Wärme bei der einen noch = 10, bei der andern = 1. Br.

# Feuchtigkeit in der Atmosphäre.

Die Witterungs-Erscheinungen, von welchen das Clima abhängt, sind noch unmittelbarer als mit den bisher betrachteten Lehren in Verbindung mit den Erscheinungen der Feuchtigkeit in der Luft. Die Dämpfe, welche von der Oberfläche unsrer Erdkugel in die Atmosphäre hinauf steigen, werden durch gewisse entgegengesetzt wirkende Ursachen als Wolken, Thau, Regen, Schnee und Hagel niedergeschlagen. Die Bestimmung des Zustandes der Luft in Hinsicht auf ihre Feuchtigkeit ist daher ein sehr wichtiger Gegenstand, und ein Instrument, das zu jeder Zeit mit Leichtigkeit und Genauigkeit uns die Feuchtheit oder Trockenheit der Luft angäbe, würde von bedeutendem Werthe für die Wissenschaft sein. Aber der Proceß der Ausdünstung selbst, von der doch alle diese Erscheinungen ihren Ursprung haben, ist mit zwei Umständen, die uns zur Erfindung eines solchen Instruments leiten könnten, begleitet, — nämlich die dem umgebenden Medium ertheilte Ausdehnung, und die Erniedrigung der Temperatur an der feuchten Oberfläche.

## Elasticität der Dämpfe.

Dampf, wie er auch mag gebildet sein, hat wahrscheinlich eine doppelt so große Elasticität, als die atmosphärische Luft, das heißt, er würde bei gleichem Drucke einen zweimal so großen Raum einnehmen. Verbindet er sich also mit der Luft, so wird er ihr eine Ausdehnung, genau der aufgenommenen Menge proportional mittheilen, oder der Menge von Feuchtigkeit, die zur vollständigen Sättigung der Luft erfordert wird. Diese Ansicht schien ein Mittel, um ein genaues Hygrometer anzugeben, darzubieten. Ich kehrte nämlich ein cylindrisches Glas, dessen Oeffnung genau eben abgeschliffen ist, um, durchbohrte den Boden und befestigte darin luftdicht eine gekrümmte, enge Röhre, die durch eine durchbohrte Blei-Platte ging und mit gefärbtem Nußöl zum Theil gefüllt war; befestigte endlich daran eine Scala, deren Theilungen auf Zehntausendtel der gewöhnlichen Größe des Luftdrucks eingerichtet waren. Wenn ich nun dieses Glas über ein befeuchtetes Glasplättchen stülpte, so nahm die eingeschlossene Luft sehr bald soviel Feuchtigkeit auf, als sie aufzunehmen vermogte, und zeigte die dadurch

erlangte Ausdehnung an, indem sie das Oel in die Höhe trieb. Die Wirkung war oft sehr merklich, indem sie bei schönem Wetter wohl 100 oder 120 Theile betrug. Dieses Instrument entsprach wohl meinen Wünschen, aber es forderte ziemlich viel Uebung beim Gebrauch und ich wählte daher bald eine leichter zu behandelnde Vorrichtung; doch könnte jenes bei manchen feinen physicalischen Untersuchungen, wo man sehr geringe Veränderungen des Volumens untersuchen wollte, von Nutzen sein.

---

## Abkühlung, die beim Verdunsten entsteht.

Aber man hat den Proceß der Ausdünstung bisher noch nicht mit genug Aufmerksamkeit untersucht oder seine Wirkungen noch nicht richtig verstanden. Die dabei statt findende Abkühlung hat man obenhin als der Schnelligkeit, mit welcher die Feuchtigkeit sich zerstreut proportional angesehn, und daher angenommen, sie werde durch jeden Umstand, der diese Wirkung beschleunigt, vermehrt. Man bemerkt aber, daß Wasser in einem porösen irdenen Gefäße,

von allen Seiten einem Luftstrome ausgesetzt, nur bis zu einem gewissen Grade abkühlt, und daß dann die Temperatur unveränderlich bleibt. Hier wird nun allerdings durch einen verstärkten Luftstrom diese größte Abkühlung schneller herbeigeführt, aber der Grad der Kälte bleibt derselbe. Bei einiger Ueberlegung können wir wohl entdecken, wie es dabei zugeht. Obgleich nämlich die feuchte Oberfläche nun aufgehört hat, kälter zu werden, so dauert die Zerstreuung von unsichtbaren Dämpfen und die Verwendung von Wärme noch immer fort; es muß also nun dasselbe Mittel, welches den Dampf aufnimmt, auch die zu seiner Bildung erforderliche Wärme hergeben. Jedes vorbeiströmende Lufttheilchen, welches die so sehr abgekühlte ausdünstende Oberfläche berührt, wird bei dieser Berührung eines so viel dichtern Körpers sich abkühlen und daher dem ausdünstenden Flüssigen seine Wärme mittheilen, und das um so mehr, je bedeutender der durch die Abkühlung hervorgebrachte Unterschied der Temperatur ist. Alle Luftschichten, welche die feuchte Masse in verschiedenen Abständen umgeben, theilen also während sie die Feuchtigkeit aufnehmen, ihre Wärme der erkälteten Fläche mit, und diese entgegengesetzten Einwirkungen der durch die Ausdünstung gebunde-

nen und der durch die berührende Luft mitgetheilten Wärme bringen ein Gleichgewicht hervor, wodurch in der Folge die Temperatur ungeändert bleibt. Ein schnellerer Luftstrom um den feuchten Körper beschleunigt diese Einwirkungen, aber so lange nur die Luft dieselbe trocknende Kraft besitzt, kann er auf den Grad der tiefsten Temperatur keinen Einfluß haben. So giebt also die von der Luft an die feuchte Fläche mitgetheilte Wärme ein genaues Maaß der Wärme, welche zum Verdampfen der Feuchtigkeit, die zur Sättigung der umgebenden Luft bei der erniedrigten Temperatur hinreicht, nöthig ist; und unter allen Umständen wird der Grad der Trockenheit der Luft genau bestimmt durch die Abkühlung, welche eine ihr ausgesetzte feuchte Fläche leidet.

Wir haben bei dieser Untersuchung nur auf die Mittheilung der Wärme oder auf die Wirkung, welche aus der schnelleren Fortführung durch die Theilchen des umgebenden Flüssigen entsteht, gesehn; aber die umgebende Luft führt auch durch Schwingungen (durch Strahlung) dem Wasser Wärme zu, und dadurch würde das Gleichgewicht der Temperatur zufälligen Aenderungen unterworfen sein, wenn nicht die Feuchtigkeit mit der durch sie aufgenomme-

nen Wärme eben so durch einen ähnlichen Proceß fortgeführt würde. Und in der That scheint die Bildung der Dämpfe genau denselben Bedingungen, wie die Ausstrahlung der Wärme unterworfen zu sein; in beiden Fällen nämlich bringt die Nähe einer Glas-Oberfläche und einer Metall-Oberfläche ganz ähnliche Wirkungen hervor. Nimmt man zwei Stücke dünnes Spiegelglas von etwa $4\frac{1}{2}$ Zoll ins Gevierte, und belegt eines derselben auf etwa 4 Zoll ins Gevierte dünne mit Zinnfolie, bedeckt beide mit einem sehr feinen Goldschlägerhäutchen, welches sich durch Befeuchtung ganz dicht anlegt, und beschneidet dieses, nachdem es trocken geworden ist, für beide zu einem Quadrat von $4\frac{1}{4}$ Zoll: so läßt sich mit ihnen folgendes Experiment anstellen. Man legt beide Glasplatten horizontal in die beiden Schalen einer feinen Waage, und bringt sie durch zugelegte Gewichte ins Gleichgewicht; nun streicht man mit einem Haarpinsel zwei Gran Wasser auf die Oberfläche jedes Häutchens: so wird in wenig Secunden die belegte Glasplatte ein Uebergewicht zeigen, und wenn die unbelegte schon alle Feuchtigkeit verlohren hat, wird man finden, daß die belegte noch $\frac{3}{10}$ Gran Feuchtigkeit an sich hält. Die Nähe des der feuchten Oberfläche untergelegten Metalls hindert also den Proceß der

Ausdünstung *), so daß diese nur wie 17 zu 20 bleibt; — eben so wie unter gleichen Umständen die Verzögerung des Ausströmens der Wärme statt findet. Diese und andre Versuche zeigen, daß der feuchten Oberfläche immer ein bestimmter Antheil durch die Pulsationen in der Luft entzogen wird. Der entstehende Dampf ertheilt der Luft, indem er sich mit ihr verbindet, eine schnelle Ausdehnung, die sich in auf einander folgenden Wellen durch sie fortpflanzt.

Diese Art der Fortpflanzung durch wechselnde Schwingungen ist nicht auf Wärme und Feuchtigkeit beschränkt, sondern auch Gerüche scheinen sich durch eine ähnliche Wirksamkeit fortzupflanzen. Bekanntlich zerstreut allerdings der Wind zu weiten Entfernungen hin die riechenden Theilchen: aber auch gegen den Wind breiten sich die Gerüche bis zu einiger Entfernung aus. Ja, man kann mit Hülfe eines conischen Rohres die Gerüche gegen die Nase zu

*) Vermuthlich weil der Abgang an Wärme sich bei der belegten Platte nicht so schnell ersetzt, als bei der unbelegten. Nehmen wir dieses an, so bedürfte es der nachher folgenden Erklärung, als ob auch hier die Vibrationen einwirken, gar nicht. Br.

concentriren, fast auf dieselbe Art, wie man den Schall durch das Hörrohr verstärkt. Ich streute Moschus über ein kreisförmiges Stück Pappe, und stellte es einige Zolle von einem metallischen Reflector, in dessen Brennpunct eine mit Cambrai umwickelte Glaskugel stand; eine gleiche Kugel stellte ich einen Zoll seitwärts entfernt auf. Nach wenigen Minuten untersuchte ich beide und fand die im Brennpunct aufgestellte weit stärker nach Moschus riechend als die andre. Das Experiment wurde mit Erbsenblüthen wiederholt, die mit kleinen Einschnitten bezeichnet vor dem Spiegel aufgestellt wurden; stellte ich nun eine kleine Pappscheibe mit trocknem Ammoniac bedeckt dem Spiegel gegen über, so wurden die Blüthen grünlich, überall wo der Saft ausschwitzte, aber nahe am Brennpuncte war die Farbe am stärksten. Hier mußten also die geruchgebenden Substanzen, indem sie sich in der Luft auflöseten, eine Art von vibrirenden Eindrücken, wie es beim Schall geschieht, hervorgebracht haben. Der einzige Unterschied scheint darin zu liegen, daß gerucherregende Substanzen und Feuchtigkeit aus schwererer Materie bestehen, und deshalb nicht mit der Regelmäßigkeit und so weit fortgeführt werden, wie Wärme, welche

eben

eben die äußerste Feinheit wie das Licht selbst besitzt *).

## Das Differenzthermometer.

Nachdem wir so das wichtige Gesetz der Ausdünstung festgestellt und gezeigt haben, daß die durch Ausdünstung bewirkte Kälte durch Bewegung der Luft und andre Umstände nicht geändert wird, so bedürfen wir, um ein nach richtigen Principien eingerichtetes Hygrometer zu besitzen, nichts weiter, als ein Thermometer, das die kleinsten Unterschiede der Temperatur anzugeben geschickt ist. Ich bediente mich zuerst eines sehr empfindlichen Thermometers mit kurzer Scale, die am Ende offen war, und woran ein kleiner Hut von Glas oder Elfenbein be=

*) Gegen alle diese Beweise, so fern sie Schwingungen, Pulsationen, Vibrationen u. s. w. darthun sollen, ist viel einzuwenden, da ja der Wind selbst eine Art von Zurückwerfung leidet, wenn er an feste Gegenstände trifft. Indeß sind diese Erfahrungen merkwürdig genug, da sie wenigstens ein lebhaftes Fortströmen auch der riechbaren Theilchen bezeugen. Br.

festiget war. Ein Gefäßchen von poröser Töpferwaare, ungefehr von der Form eines Fingerhutes, doch etwas größer, wurde nun mit Wasser gefüllt, während das Thermometer daneben in horizontaler Stellung lag (Siehe Fig. 4.). Nach wenigen Minuten wurde das Thermometer aufgehoben und vertical in jenes Gefäßchen gestellt, wobei denn das Quecksilbersäulchen, welches sich durch die ganze Länge der Röhre erstreckte, und durch die Aenderung der Lage am Ende der Röhre abgeschnitten *) war, sich zusammen zog und durch sein Fallen die Aenderung der Temperatur des Flüssigen in dem porösen Gefäß angab. Die Bewohner schwüler Himmelsstriche haben schon lange sich der Ausdünstung bedient, um ihre Getränke abzukühlen; und die Art von grobem Steinzeug, deren sie sich bedienten, führte von selbst die Anwendung herbei **). Die Mauren führten in Spanien unglasurte irdene Krüge ein, die Bucaros oder Alcarrazas hießen, die, wenn man sie mit Wasser füllt, der Atmosphäre im=

---

*) Also von dem Quecksilber in dem obern Hütchen getrennt war.

**) Niebuhr erzählt dieses in der Beschreibung von Arabien. S. 6.

mer eine feuchte Oberfläche darbieten, und vermöge der Ausdünstung in der heißen und trocknen Jahrszeit immer erfrischendes Getränk darbieten. Dieses Hülfsmittels hat man auch im südlichen Europa nach und nach sich zu bedienen angefangen. In Indien erhält man während gewisser Monate die Zimmer dadurch kühl, daß man die Matten von Rohr oder Bambus, welche die Thüren und die Außenseite der Wände bedecken, mit Wasser befeuchtet. Selbst die Schiffer pflegen auf ihren Reisen in der heißen Zone ihre Weine wohl dadurch abzukühlen, daß sie die Flaschen mit feuchtem Flanell umwickeln und sie so an der Segelstange oder unter dem Kajütenfenster aufhängen; und in allen solchen Fällen wird die Wirkung durch den Luftzug schneller hervorgebracht aber nicht verstärkt. Was man bei uns jetzt unter dem Namen ägyptischer Kühlgefäße verfertigt, ist minder vollkommen; da sie sehr dick sind, so muß man sie mit Wasser befeuchten, wodurch dann allerdings vermöge der Ausdünstung die umgebende Luft abgekühlt, an der innern Seite aber, wo die abzukühlende Flasche sich befindet, wegen der eingeschlossenen Feuchtigkeit, nur eine geringe Wirkung hervorgebracht wird; bei feuchtem Wetter sind sie ganz nutzlos.

Die vorhin beschriebene Einrichtung, um die Feuchtigkeit der Luft zu untersuchen, ist, obgleich sie einen ziemlichen Grad von Genauigkeit zuläßt, doch nicht ganz genügend; und die Fortsetzung meiner Untersuchungen über diesen Gegenstand führte mich zur Erfindung des Differenz-Thermometers, eines höchst einfachen, und bei mancherlei feinen physicalischen Untersuchungen höchst nützlichen Instruments. Es ist ein nur etwas, jedoch in wesentlichen Puncten, verändertes Luftthermometer; es besteht aus einer gekrümmten dem Buchstab U ähnlichen Röhre, die sich an beiden Enden mit hohlen Kugeln, worin sich Luft befindet, endiget, und in dem mittlern Raume etwas mit Carmin gefärbte Schwefelsäure enthält. Sind hier beide Kugeln einer gleichen Temperatur ausgesetzt, so bleibt die flüssige Masse in Ruhe; ist aber eine Kugel mehr als die andre erwärmt, so wird durch die größere Elasticität der Luft die Flüssigkeit von dieser Seite weggedrängt sinken. Ich habe eine nicht leicht verdunstende und schwere Flüssigkeit wie die Schwefelsäure gewählt, damit bei den Wechseln der Temperatur die Trockenheit und Elasticität der eingeschlossenen Luftmasse keinen Aenderungen ausgesetzt sei. Alcohol ist leichter und in seinen Bewegungen schnel-

ler; aber er würde durch Vermischung seiner Dämpfe mit den ungleich erwärmten Luftmassen diese ungleich ausdehnen und die Anzeigen des Instruments unrichtig machen. Um den Unterschied der Wärme beider Kugeln anzugeben, habe ich eine tausendtheilige Scale gewählt, die nämlich den ganzen Raum zwischen der Temperatur des gefrierenden und des kochenden Wassers in 1000 Theile theilt (S. Fig. 1.)

Anmerkung. De Butt schlägt in den Philosophical Transactions of the American philos. Society. Vol. 1. new Series eine andre Einrichtung des Differenzthermometers vor. Leslie hatte in seiner frühern Schrift: Experimental Inquiry into the Nature and Propagation of Heat, folgende Anleitung zu Verfertigung des Differenzthermometers gegeben. Man nimmt zwei ungleich lange Glasröhren, die sich jede in eine hohle Kugel endigen, und deren innere Höhlung an dem andern Ende sich etwas erweitert. In die Kugel der längern bringt man etwas mit Carmin gefärbte Schwefelsäure, verbindet dann beide vor dem Löthrohr, beugt sie zur Form des Buchstab U so daß die eine Beugung grade unter der Verbindung ist, wo die kleine Höhlung die Berichtigung des Instruments erleichtert, die man dadurch erreicht, daß man einige Luftbläschen durch die Wärme der Hand von einer Kugel in die andre treibt. Die Kugeln werden so gleich als möglich geblasen und erhalten 4 bis 7 Zehntel Zoll Durchmesser, die Röhren sind so wie gewöhnliche Thermometerröhren, doch etwas weiter. Die kürzere Röhre, woran die Scale befestigt wird, muß calibrirt und etwa 1/50 oder 1/60 Zoll weit sein; die längere Röhre ist weiter,

um die Bewegung der Flüssigkeit zu erleichtern, bedarf aber keiner Calibrirung. Jeder Schenkel des Instruments ist 3 bis 6 Zoll hoch, die Kugeln ungerechnet. Der untere Theil dieser Heberröhre wird auf einem hölzernen Fuße befestigt u. s. w.

De Butt klagt nun, daß die Künstler es schwierig finden, wegen der Zusammensetzung der Röhren das Instrument genau zu verfertigen und schlägt folgende in Fig. 11. dargestellte Einrichtung vor, deren Beschreibung ich in seinen eignen Ausdrücken hersetze:

Ich ließ mir eine, am einen Ende d geschlossene Glasröhre d e machen, in deren Mitte ich eine Kugel, so dünne wie die Kugeln der Thermometerröhren hatte blasen lassen. Diese füllte ich ungefehr bis an den Punct c mit Schwefelsäure, die mit Carmin gefärbt war. Nun wurde eine Thermometerröhre, woran die Kugel sehr dünne geblasen war, mit ihrem offenen Ende in die Röhre mit Schwefelsäure gebracht, so daß sie etwa 1 Linie tief bei b unter die Oberfläche eingetaucht war. Diese Röhre wurde so dick gewählt, daß sie ziemlich eng von der über der Kugel c vorragenden Röhre f e umschlossen wurde. Jetzt ward das Instrument mit seinem Fuße so aufgestellt, wie die Figur zeigt, dann aber die Oeffnung e der untern umfassenden Röhre mit Bleiweiß in Oel, vermittelst eines Cameelhaarnen Pinsels so oft bestrichen, bis alle Verbindung zwischen der innern und äußern Luft gänzlich aufgehoben war. Nachdem nun dieser Ueberzug die gehörige Trockenheit erlangt hatte, wurde die obere Kugel etwas erwärmt, und dadurch etwas Luft aus dieser in die untere Kugel getrieben; dadurch bewirkte man, daß die Säure, nach hergestellter Gleichheit der Temperatur so weit als erforderlich ist, in der Röhre b a stieg. Die Scale ward nun so verfertigt, daß man zuerst den Punct bemerkte, wo bei ganz gleicher Temperatur die flüssige Säule sich endigte, und

nun die untere Kugel in ein um 10 Fahrenh. Grade kälteres Wasser tauchte; dadurch ward die gefärbte Flüssigkeit in der Röhre tiefer herab getrieben, und indem dieser Punct wieder angemerkt und der Zwischenraum in 100 Theile getheilt wurde, erhielt man eine Scale, auf welcher zehn Grade gleich einem Fahrenh. Grade sind.

Die beiden Kugeln müssen möglichst gleich sein, um allen Einwirkungen von aussen auf gleichförmige Art ausgesetzt zu sein. Daß die Röhre ab calibrirt sein muß, versteht sich. Dann findet alles übrige so statt, wie bei dem von Leslie beschriebenen Differenzthermometer. Br.

---

## Anwendung des Differenzthermometers als Pyroscop.

---

Wenn man die Kugel des Differenzthermometers, die als Behälter der Schwefelsäure dient, ganz mit dickem Silberblatt überzieht, so erhält man ein Pyroscop, ein Instrument zum Abmessen der strahlenden Wärme, oder der Intensität derjenigen Wärme, die beständig vom Feuer in den umgebenden Raum strömt. Die Wärmestrahlen werden größtentheils von der glänzend metallischen Oberfläche zu-

rückgeworfen, während sie gegen die unbedeckte Glaskugel ihre ganze Wirkung ausüben, und die Flüssigkeit in der Röhre zum Sinken bringen. Bei dieser Einrichtung dringt das vergleichungsweise schwache Licht des Feuers durch die durchsichtige Kugel hindurch, statt daß es von der versilberten Oberfläche der andern zurückgeworfen wird, so daß es gar keine Einwirkung äußert. Die von dem Pyroscop angezeigte Wärme nimmt ab, wenn man sich vom Feuer entfernt, nach Verhältniß des Quadrats der Entfernungen; aber selbst in dem entferntesten Theile eines Zimmers zeigt dieses empfindliche Instrument noch eine Einwirkung an. Stellt man es nun in irgend einer Entfernung vor dem Camin auf, so wird es die Kraft des Feuers oder die Größe der Hitze, die in das Zimmer fließt, abmessen. Die Leichtigkeit, mit welcher sich diese Beobachtungen anstellen lassen, können für manche practische Zwecke wichtig sein. Um aber der Genauigkeit des Instruments versichert zu sein, muß die Metallbedeckung sehr sorgfältig angebracht sein, und von dem Leim, womit das Silberblatt befestigt ist, nichts an der äußern Fläche zu bemerken sein; die gewöhnlichen Arten zu vergolden und zu emailliren, sind unzureichend.

Dieses Pyroscop zeigt eben so die Wirkungen einer kalten Fläche. In einem erwärmten Zimmer wird es schon in der Entfernung von einigen Zollen merklich durch einen mit ganz frisch geschöpftem Brunnenwasser gefüllten irdenen Krug afficirt. Auch ein feuchtes Papier den Kugeln gegen über gestellt bringt bei hinreichend trockner Luft vermöge der Abkühlung seiner Oberfläche eine gewisse entsprechende Wirkung hervor.

Dieses Instrument dient nun auch um jene Ausstrahlungen von Wärme in der Luft zu zeigen. Ich ließ einen Kegel von polirtem Zinnblech, dessen Spitze abgeschnitten war, machen, an der Grundfläche 6 Zoll weit und etwa 14 Zoll hoch; er wurde in zwei Halbkegel getheilt und die innere Seite beider mit Lampenruß geschwärzt. Stellte man einen dieser Halbkegel dem Feuer zugekehrt auf und die empfindliche, nämlich unbedeckte Kugel des Pyroscops in die enge Oeffnung, so stieg es auf 25 Gr. als die unverstärkte Einwirkung 20 Gr. betrug; fügte man aber den andern Halbkegel an jenen an, so stieg es bis auf volle 70 Grad. Diese große Vermehrung konnte offenbar nicht der vielleicht zurückgeworfenen Wärme zugeschrieben werden, die allenfalls doch nur bei dem ganzen Kegel doppelt so viel bewirken, oder

ein Steigen bis 30 Grad hervorbringen konnte, wir müssen sie also wahrscheinlich den allmählich concentrirten Schwingungen in der Luft bei ihrer Annäherung zu der Kugel des Pyrometers zuschreiben.

---

## Anwendung des Differenzthermometers zum Photometer.

---

Wenn man des Differenzthermometers eine Kugel durchsichtig läßt, die andre mit schwarzer Tusche überzieht oder noch besser von tief schwarzem Email bläst, so wird es ein Photometer nnd zeigt die verschiedene Stärke des Lichtes an, dem es ausgesetzt ist. Die Strahlen, welche auf die durchsichtige Kugel fallen, gehen durch, ohne ein Hinderniß zu finden; diejenigen hingegen, welche auf die schwarze Kugel fallen, werden absorbirt, und wirken, nachdem sie latent geworden sind, als Wärme. Diese Wärme fährt fort sich anzusammeln, bis ihre weitere Vermehrung durch die mit dem Wachsen der Temperatur zunehmende Zerstreuung der Wärme aufgehoben wird. Beim Eintritt des Gleichgewichts ist also die fortwährend durch die Wirkung des Lichts

mitgetheilte Wärme genau eben so beträchtlich, als die durch Abkühlung zerstreute Wärme. Da nun in stiller Luft und bei nicht sehr großem Unterschiede der Tempera ur, die Abkühlung proportional ist dem Ueberschuß der Temperatur des erwärmten Körpers über die des umgebenden Mittels: so dient das Fallen des gefärbten Flüssigen in der Röhre zu einem Maaße der Eindrücke des Lichtes oder seiner Intensität. Um zu hindern, daß nicht ein Luftzug den Wärmeverlust an der Oberfläche der schwarzen Kugel beschleunige, und dadurch die Wirkung auf eine dem richtigen Verhältniß nicht entsprechende Art vermindere, muß man, vorzüglich im Freien, das ganze Instrument durch einen Glaskasten bedecken. Dies ist unerläßlich nothwendig, weil es nicht nur ganz unregelmäßige Bewegungen abhält, sondern die Luft nahe um den empfindlichen Theil des Instruments vollkommen ruhig erhält. Bei gleicher Stärke des einfallenden Lichtes wird auch hier die schwarze Kugel bis zu einem gleichen Unterschiede in Vergleichung gegen das umgebende Medium sich erwärmen; denn allerdings wird zwar die eingeschlossene Luft etwas mehr Wärme erlangen, und deshalb wird auch die schwarze Kugel eine größere Temperatur annehmen; aber auch die durchsichtige Kugel befindet sich in der-

selben wärmern Luft, und diese Einwirkung hebt genau die andre auf, so daß der Unterschied zwischen der Erwärmung beider Kugeln ungeändert bleibt und weder die Form und Größe des Glaskastens noch die Bewegung oder Ruhe der äußern Luft den geringsten Einfluß auf die Angabe dieses empfindlichen Instruments haben kann.

Dieses Photometer zeigt genau die Zunahme der Erleuchtung von der Morgendämmerung bis zur völligen Mittagshelle, und dann ihre Abnahme bis der Abend seine Schatten verbreitet; es läßt die Zunahme des Lichts von dem Wintersolstitium bis zur Mitte des Sommers, und seine Abnahme in Laufe der trüben Herbsttage wahrnehmen; es setzt uns in Stand in genauen Zahlen die Helligkeit in verschiedenen Gegenden zu vergleichen, zum Beispiel den glänzenden Himmel Italiens mit der Nebelluft in Holland.

In Rücksicht auf photometrische Beobachtungen habe ich noch nicht Gelegenheit gehabt, eine hinreichende Anzahl von Bestimmungen zu sammeln. Die directe Wirkung der Sonne um Mittag in Edinburg beträgt um das Sommer-Solstiz 90 Grad; sie nimmt aber regelmäßig ab, so wie die Strahlen in eine schiefere Richtung kommen; in der Höhe von 17 Gr. beträgt sie nur noch die Hälfte, und bei 3

Gr. über dem Horizont nur noch 1 Grad. Unter derselben Breite beträgt die größte Kraft der Sonnenstrahlen im tiefsten Winter nur 25 Grad. Diese Verminderung der Stärke des Lichts rührt offenbar von Zerstreuung und Verschluckung der Lichtstrahlen, während sie so weit durch die Atmosphäre fortgehen, her. Wenn die Sonnenstrahlen senkrecht gegen die Erd-Oberfläche herabkommen, so geht $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ ihres ganzen Lichtes verlohren; aber in unserm Insel-Clima umgiebt selbst beim schönsten Wetter fast immer ein dünner Dunst den Horizont, und der allmählige Verlust, den sehr schief einfallende Lichtstrahlen für eine gleiche Anzahl von Lufttheilchen, denen sie in ihrem Laufe begegnen, erleiden, kann oft bis auf das Dreifache steigen.

Von der Quantität des indirecten durch Zurückwerfung vom Himmel zu uns gelangenden Lichtes sind wir leicht geneigt, eine falsche Abschätzung zu machen, da es so sehr durch Zerstreuung geschwächt wird; aber obgleich sehr wandelbar, ist es doch oft höchst erheblich. In unserm Clima kann es im Sommer auf 30 bis 40 Grad, im Winter auf 10 oder 15 Grad steigen. Dieses mittelbar uns zugesandte Licht ist am stärksten, wenn der Himmel mit dünnen faserigen Wolken überdeckt ist, und am schwächsten in

zwei sehr verschiedenen Fällen, erstlich wenn die Lichtstrahlen durch sehr dicke Wolkenmassen aufgehalten werden, zweitens wenn die Luft sehr rein ist und der Himmel ein tiefes reines Blau zeigt. Bei dunstiger Luft und niedrigen Nebeln ist die Verminderung des Lichtes vergleichungsweise geringe, indem daraus mehr Undeutlichkeit als eigentliche Schwächung entsteht. Wenn der Himmel durch dicke Wolken verfinstert ist, so scheint die Dunkelheit sehr zuzunehmen, wenn die Sonnenstrahlen schiefer auffallen. Im Sommer zeigt das Photometer um Mittag im Freien selten oder nie weniger als 10 Grad; aber in den schwarzdunkeln Tagen, die in unsern Gegenden zuweilen den Winter verdüstern, habe ich mehrmals beobachtet, daß unter gleichen Umständen das Photometer kaum 1 Grad zeigte.

In den höhern Gegenden der Atmosphäre, wo die Lichtstrahlen nicht durch einen so weiten in dichter Luft zurückzulegenden Weg geschwächt werden, sind die Sonnenstrahlen lebhafter als an der Oberfläche der Erde; dagegen ist das Licht des Himmels, als zurückgeworfen von einem dünnern Medio, bedeutend schwächer. Beobachtungen hierüber auf den Alpen oder den Andes angestellt, würden sehr lehrreich sein. Die Reisenden, welche diese Gegenden

besuchten, sahen mit Ueberraschung das tiefe Dunkelblau des dortigen Himmels, in welchem ein scharfes Auge selbst am Tage die hellern Planeten und einige Sterne erster Größe gewahr werden konnte.

Wenn man das Photometer ganz im Freien aufstellt, so wird es offenbar die Strahlen von allen Seiten empfangen; stellt man es dagegen am Fenster auf, so kann es nur von einem bestimmten Theile des Himmels Strahlen empfangen, und in der letztern Stellung wird es selten mehr als 15 Grad zeigen, wenn es nicht gerade der Himmelsgegend ausgesetzt ist, wo die Sonne steht. Nimmt man das Instrument weiter zurück ins Zimmer, so nimmt die Wirkung des Lichtes sehr schnell ab, indem offenbar die Wirkung dem scheinbaren Raume, den das Fenster einnimmt, proportional sein muß. Man bedarf 2 Grade Licht, um mit Vergnügen zu lesen und zu schreiben; ist es viel heller, so greift die Helligkeit die Augen an, ist es aber erheblich dunkler, so muß man die Augen zu sehr anstrengen.

Wenn das Photometer im Freien aufgestellt wird, so wirkt darauf nicht nur das vom Himmel zurückgeworfene Licht, sondern auch in einigem Grade das von der Erde zurückgeworfene Licht. Gewöhnlich ist der Einfluß des letztern sehr geringe und kann

ganz abgehalten werden, wenn man einen schwarzen Schirm oder kreisförmigen, horizontalen Rand um den Glaskasten, nahe gegen das Ende der Scale anbringt. Die Zurückstrahlung von einem grünen Felde beträgt schwerlich mehr als $\frac{1}{20}$ des auffallenden Lichtes; aber sie nimmt bedeutend zu, wenn die Farbe sich dem Weißen nähert. Eine freie Sand-Ebne wirft den dritten Theil des vom Himmel auffallenden Lichtes zurück *), und eine beschneite Ebne giebt sogar $\frac{5}{6}$ des empfangenen Lichtes zurück, da die vielen glänzenden Flächen des Schnees, die sich in allen Richtungen dem Lichte darbieten, kaum $\frac{1}{6}$ der auffallenden Strahlen absorbiren und das übrige nach allen Richtungen aussenden.

Das Photometer bietet uns Mittel dar, um die verschiedenen Grade der Durchsichtigkeit zu beurtheilen. Von 100 Theilen auffallenden Lichtes läßt Cambrai 80, und wenn es feucht ist, 93 durch; feines Papier läßt 49 Theile und wenn es geölt ist, 80 Theile durch. Die weite Zerstreuung, welche die Lichtstrahlen leiden, indem sie durch Papier und andre

*) Das weißeste Papier giebt nach Lamperts Versuchen nur 2/5 des empfangenen Lichts zurück. Br.

andre ähnliche Substanzen gehen, zeigt deutlich, daß sie nicht geradezu durch die Oeffnungen und Poren dringen, sondern bei ihrem Durchgange Ablenkungen erleiden, die von den abstoßenden und anziehenden Kräften der umgebenden Materie abhängen. Die Befeuchtung des Cambrai oder des Papiers mit Wasser oder Oel ist als eine chemische Verbindung anzusehen, und der Körper erhält dadurch eine gleichsam das Mittel zwischen beiden haltende Beschaffenheit, neigt sich aber doch mehr zu der Natur des Flüssigen hin.

Mit Hülfe des Photometers können wir die Stärke künstlichen Lichtes vergleichungsweise bestimmen, und selbst sie mit der Erleuchtung durch die Sonnenstrahlen vergleichen; — eine Untersuchung, die sehr viel Nutzen verspricht, in die ich aber mich nur wenig habe einlassen können. Stellte ich die Kugeln des Photometers zwei Zoll von der Flamme eines gewöhnlichen Wachslichtes, so zeigte es eine Wirkung von 6 Graden, und bei größern Entfernungen nahm, wie zu erwarten war, die Wirkung ab, nach Verhältniß des Quadrats der Entfernung. Es würde also in 4 Fuß Entfernung, wo die Flamme noch in eben der scheinbaren Größe wie die Sonne erscheinen würde, die Wirkung nur $\frac{1}{96}$ Grad be-

tragen; die Wirkung der Sonnenstrahlen hingegen ungeschwächt durch die Atmosphäre würde 125 Gr. sein, also das Licht der Sonne 12000 mal stärker als das Licht einer Wachskerze; — das heißt, wenn man ein Theilchen der Sonne von kaum $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser auf die Erde bringen könnte, so würde dieses so viel Licht verbreiten als 12000 Wachskerzen.

Da die Angaben des Photometers auf der gegenseitigen Ausgleichung zwischen der Einwirkung des Lichtes und der Zerstreuung der aus dem latent gewordenen Lichte entstandenen Wärme beruhen, so giebt uns dieses Instrument Mittel, um mit ungemeiner Genauigkeit die leitenden Kräfte nicht bloß der verschiedenen Gasarten, sondern selbst derselben Gasart in verschiedenen Zuständen zu bestimmen. Da die Verschluckung der auffallenden Strahlen einerlei bleibt, so muß die hervorgebrachte Aenderung der Temperatur der empfindlichen (nämlich der schwarzen) Kugel im umgekehrten Verhältniß der Kraft der Abkühlung stehen. Bei gleich starker Absorption wird eine metallische Oberfläche zweimal so sehr erwärmt als eine Glas-Oberfläche, weil jene zweimal so langsam abkühlt. Und eben so wird die Wirkung auf die dunkle Kugel vermehrt werden, wenn das umgebende Medium die Wärme langsamer ableitet,

hingegen wird sie vermindert werden bei einem die Wärme schneller zerstreuenden Flüssigen.

Zur Untersuchung dieser verschiedenen Leitungskraft der umgebenden Mittel ziehe ich ein Photometer der einfachsten Art, nämlich ein Differenzthermometer mit graden aufrechten Glasröhren, vor, dessen empfindliche Kugel entweder von schwarzem Glase geblasen oder mit einem Blättchen gefärbten Metalls überzogen ist. Man setzt dieses unter einen engen, überall gleich durchsichtigen regelmäßig gewölbten Recipienten auf den Teller der Luftpumpe, und nun kann man, während die eingeschlossene Luft zu einem willkürlichen Grade verdünnt, oder der Recipient mit andern Gasarten gefüllt ist, das Instrument der hellen Sonne aussetzen, während ein zweites Photometer eben so der Sonne ausgesetzt, die Wirkungen in der atmosphärischen Luft abmißt.

Während das zur Vergleichung aufgestellte Photometer 100 Grad zeigte, betrug die Wirkung in einer 256 mal verdünnten Luft 185 Grad, wenn die Kugel von schwarzem Glase und sogar 620 Grad, wenn sie mit gefärbtem Metall überzogen war. In so verdünnter Luft wird also die Wärme fast zweimal so langsam abgeleitet von einer Glas-Oberfläche und mehr als dreimal so langsam von einer Metall-Ober-

fläche. In Wasserstoffgas von gewöhnlicher Dichtigkeit betrug die Wirkung, verglichen mit derselben Angabe des zur Vergleichung aufgestellten Photometers, nur 44 Grad für eine schwarze und 56 Gr. für eine vergoldete Kugel. Dieses Gas leitet also die Wärme von einer Glasfläche mehr als doppelt so schnell, von einer Metallfläche viermal so schnell ab, als die atmosphärische Luft *). Verdünnte man aber die Luft 256 mal, so erhielt man mit der schwarzen Glaskugel 86, mit der vergoldeten 156, so daß dort die Wirkung mehr als verdoppelt, hier aber beinahe verdreifacht wurde. Durch eine bestimmte Verdünnung kann man also die Ableitung in Wasserstoffgas auf eben den Grad bringen, wie bei atmosphärischer Luft.

Man kann dem Photometer zwei Formen geben, eine tragbare (Fig. 2) wo die schwarze Kugel 1 Zoll höher als die andre und so weit vorgebogen ist, daß sie vertical über der durchsichtigen Kugel und in der Axe des durchsichtigen cylindrischen Kastens ist; und eine feststehende, deren beide Kugeln gleich hoch und

---

*) Hier scheint ein Fehler im Ausdruck zu sein; denn allerdings ist 100/44 mehr als zwei, aber keineswegs 100/56 nahe an 4. Br.

nach verschiedenen Seiten gebogen sind, wo dann der Glaskasten aus einem Cylinder besteht, auf dem sich ein größeres Segment einer hohlen Glaskugel befindet (Fig. 3.). Das tragbare Photometer erhält zugleich noch einen zum Einpacken dienenden Kasten von festem Holze, der es nicht nur gegen Beschädigung schützt, sondern auch beim Aufstellen im Freien dient, um es in aufrechter Stellung zu erhalten. Die andre Form des Instruments ist zwar in einigen Rücksichten weniger bequem, aber gleichwohl zu feinen Beobachtungen brauchbarer, da es nicht bloß das Licht regelmäßiger empfängt, sondern die Anzeigen desselben wegen der gleichen Höhe der Kugeln auch nicht dadurch unsicher gemacht werden können, daß die ungleich hohen Luftschichten zuweilen ungleich erwärmt sind.

Die Empfindlichkeit des Photometers kann nun noch sehr vermehrt werden, durch Hülfe einer gut ausgedachten Verbindung von Umhüllungen. Wenn man die schwarze Kugel mit mehrern concentrischen Glaskugeln umgiebt, so werden diese zwar das Licht frei durchlassen, aber die Zerstreuung der entstandenen Wärme hindern und daher eine stärkere Anhäufung begünstigen; und der so hervorgebrachte Stand des Photometers ist nicht durch irgend eine fremde

Einwirkung der durchsichtigen Kugel gestört, weil diese außer der Umhüllung und in der offenen Luft liegt, also die Temperatur der Atmosphäre behält. Diese sphärischen Umhüllungen, jede aus zwei zusammenpassenden Segmenten zusammen gesetzt, wählt man vom dünnsten und hellsten Glase; ihre Durchmesser müssen in regelmäßiger Folge zunehmen und wenigstens ½ Zoll verschieden sein. Jede neu hinzugefügte Kugelhülle wird die Wirkung, welche das Instrument anzeigt, beinahe um das Doppelte erhöhen, also mit 6 Umhüllungen wird das Instrument etwa 10fach empfindlich und folglich geschickt sein, die feinsten Verschiedenheiten von Licht anzugeben; — bei dieser Vergrößerung der Grade würde man dann die Ausdehnung der Scale beschränken müssen.

Man könnte noch eine Einrichtung zu photometrischen Beobachtungen machen, die aber nur bei parallel einfallenden Strahlen anwendbar ist. Sie besteht darin, daß man sich einen kupfernen, mit Silber plattirten und genau parabolisch gearbeiteten Spiegel verschaffe, in dessen Brennpunct die schwarze Kugel des Differenzthermometers aufgestellt würde; die offene Seite des Spiegels würde dann mit einer Glasplatte oder einem etwas gewölbten Glase bedeckt. Ein solches Instrument im Hintergrunde des

Zimmers, dem Fenster zugekehrt, aufgestellt, würde sehr genau die kleinen Veränderungen des Lichts angeben, welche bei verschiedenen Jahreszeiten und Aufheiterungen oder Bedeckungen des Himmels für das ins Zimmer einfallende Licht statt finden.

---

## Genauere Angaben für die Einrichtung des Hygrometers.

---

Wenn man die Kugel des Differenzthermometers, welche den Ueberrest des gefärbten Flüssigen enthält, mit Hüllen von Cambrai oder feinem Papier umgiebt, und diese mit reinem Wasser befeuchtet, so hat man ein Hygrometer; denn durch das Sinken in dem gegenüberstehenden Theile der Röhre wird die durch Ausdünstung entstehende Verminderung der Temperatur angegeben, und folglich die Trockenheit der umgebenden Luft bestimmt. Die ganze Wirkung wird in sehr kurzer Zeit, die selten mehr als 2 Minuten beträgt, hervorgebracht und bleibt dann (wenn keine Veränderung der Umstände eintritt) ungeändert bis die ganze Feuchtigkeit ver-

dunstet ist. Um alle photometrische Einflüsse auszuschließen, kann man den beiden Kugeln nahe dieselbe Farbe und Dunkelheit geben, indem man die frei bleibende aus blauem oder grünem Glase bläst und die bedeckte mit dünnem Seidenzeuge umgiebt, dessen Farbe etwas heller ist und erst durch die Befeuchtung eben jene Farbe annimmt. Auch dem Hygrometer, so wie dem Photometer kann man zwei verschiedene Formen geben, je nachdem man es tragbar oder stillstehend verlangt. Das erstere hat seine zwei Kugeln senkrecht über einander, wird mit einem hölzernen oder elfenbeinernen Kästchen versehen, und so eingerichtet, daß man es in der Tasche tragen kann; so oft man es gebraucht, tröpfelt man mit einem Haarpinsel einige Tropfen reines Wasser auf die Oberfläche der bedeckten Kugel, und stellt dann das Instrument vertical auf (Fig. 6). Das stillstehende Hygrometer ist zu genauern Versuchen bestimmt, und deshalb sind die beiden Kugeln, zwar nach etwas entgegengesetzten Richtungen gebogen, aber in gleicher Höhe. Bei dieser Einrichtung des Instruments wird die bedeckte Kugel nicht bloß befeuchtet, sondern feucht erhalten, indem man einige Fasern Seide über sie hinzieht und diese in einer Entfernung von einigen Zollen in eine mit Wasser ge-

füllte Glasflasche, die neben dem Pfropfen einen kleinen Ausguß hat, eintaucht, (Fig. 5.). Diese Fasern ziehen nämlich vermöge der Haarröhrchenkraft Wasser in sich und führen es zu der befeuchteten Kugelhülle herüber, sobald diese durch Ausdünstung austrocknet, jedoch muß man die Seidenfädchen, um ihrer Wirkung gewiß zu sein, vorher in heißem Wasser eingeweicht haben, um sie von dem etwa anhängenden Gummi zu befreien, und die Mündung der Glasflasche muß ein wenig höher stehen, als die Kugel des Hygrometers. Bei dieser Einrichtung kann das Hygrometer Wochen und Monate lang seine Bestimmung erfüllen, und wenn die Seidenfäden endlich durch Staub untüchtig werden, so kann man ihre Thätigkeit durch Abwaschen mit einem reinen Pinsel herstellen.

Der Zustand der Luft in Hinsicht auf Feuchtigkeit ist sehr veränderlich. In unserm Clima zeigt das Hygrometer im Winter 5 bis 25 Grad, im Sommer hält es sich meistens zwischen 15 und 55 Grad und kann an einzelnen Tagen auf 80 bis 90 Grad steigen. Bei dickem Nebel steht es auf dem Anfange der Scale; gewöhnlich fällt es vor dem Regen und bleibt niedrig bei feuchtem Wetter; es steigt dagegen stark bei anhaltend hellem und warmem Wet-

ter *). Die größte bis jetzt beobachtete Trockenheit fand in Paris im Monat September statt, wo es auf 120 Grad stieg. Ueber den Zustand der Luft in entfernten Gegenden und in den Tropenländern fehlt es uns ganz an Beobachtungen.

Wenn das Hygrometer unter 15 Grad steht, so sagen wir nach dem Gefühl schon, die Luft sei feucht; steht es zwischen 30 und 40 so nennen wir die Luft trocken; zwischen 50 und 60 halten wir sie für sehr trocken, und wenn es über 70 Gr. ist, so schreiben wir ihr eine ungewöhnliche Trockenheit zu. Ein Zimmer ist nicht angenehm wohnbar, auch vermuthlich ungesund, wenn es weniger als 30 Grade Trockenheit hat; in einem erwärmten Zimmer steigt das Hygrometer gewöhnlich auf 50 Grad.

---

*) Bei dickem Nebel dunstet der befeuchtete Ueberzug der einen Kugel gar nicht aus, und folglich tritt gar keine Ungleichheit der Wärme ein; daß es vor Anfang des Regens niedriger steht, zeigt an, daß die Luft schon vor dem Regen feuchter wird, also weniger fähig, Dämpfe in sich aufzunehmen. Das letztere stimmt mit Daniells Beobachtung überein Gilb. Ann. LXV. 172. und es ist ja auch bekannt, daß wenn anhaltender Regen bevorsteht, sich sogar die Feuchtigkeit dem Auge als an kalten Körpern sich niederschlagend zeigt. Br.

Dieses Hygrometer leistet seine Dienste selbst wenn es dem Froste ausgesetzt ist. Die über die Oberfläche der bedeckten Kugel verbreitete und davon eingesogene Feuchtigkeit kühlt sich bis etwas unter den Gefrierpunct ab und gefriert dann schnell zu einer festen Masse. In dem Augenblick, wo das Gefrieren anfängt, wird ein wenig Wärme frei, wodurch die Temperatur des Gefrierpunctes wieder hergestellt wird; die gefärbte Flüssigkeit geht daher, nach Maaßgabe der größern Kälte der Atmosphäre zurück in die entgegen gesetzte Röhre, und bleibt so stehen, bis das Gefrieren vollendet ist. Aber nach der vollendeten Bildung der Eiskruste geht nun die Ausdünstung regelmäßig vorwärts und die Temperatur des gefrornen Ueberzuges wird um desto geringer, je trockner die Luft ist. Die jetzt mehr als die umgebende Luft abgekühlte Oberfläche nimmt nun Wärme von der Luft an, die aber sogleich dazu verwandt wird etwas Eis in Wasser und dieses in Dampf zu verwandeln, denn diese Veränderungen muß das Wassertheilchen erst erleiden, ehe es in die Luft kann aufgenommen werden. Da nun die Wärme, welche erforderlich ist, um Eis zu schmelzen, etwa $\frac{1}{7}$ der Wärme beträgt, welche beim Verdampfen des Wassers aufgewandt wird, so erhellt, daß

der Hygrometer, wenn die Oberfläche der empfindlichen Kugel mit Eis bedeckt ist, unter gleichen Umständen um $\frac{1}{7}$ mehr sinken wird, als sonst. Diesen Schluß bestätiget auch die Erfahrung. Wenn man bei Frostwetter das ausserhalb des Fensters stehende Hygrometer auf 28 Grad stehend beobachtet, so kann es eine geraume Zeit auf diesem Puncte stehend bleiben, bis die Feuchtigkeit zu gefrieren anfängt; ist aber das Gefrieren vollständig und das Gleichgewicht wieder hergestellt, so zeigt das Instrument 32 Grad.

## Bestimmung der wahren Feuchtigkeit der Luft.

Die Theorie dieses Hygrometers setzt uns nicht bloß in den Stand die relative, sondern selbst die absolute Trockenheit der Luft zu bestimmen, das heißt die Menge von Feuchtigkeit, die sie noch aufnehmen kann, anzugeben; indem es nur nöthig ist, die Capacität der Luft mit dem Maaß der Wärme zu vergleichen, welche erforderlich ist, um eine gegebene Menge Wasser in Dampf zu verwandeln.

Indeß ist es ein schwieriges Problem, die Capacität der Luft zu bestimmen; man kennt diese noch nicht sonderlich genau, und setzt sie, nach meiner Ueberzeugung, viel zu hoch an. Nach mehrern übereinstimmenden Versuchen rechne ich die Capacität der Luft nur auf $\frac{3}{8}$ der Capacität des Wassers *). Da nun 600 Centesimalgrade oder 6000 Grade des Differenzthermometers zum Verdampfen von Wasser verwandt werden, so würde diese Wärmemenge hinreichen, um eine gleiche Luftmasse um 16000 Millesimalgrade zu erwärmen, welches $\frac{8}{3}$. 6000 ist. Die von jedem berührenden Lufttheilchen an die kalte Umhüllung abgetretene Wärme, oder die entsprechende Verminderung der Temperatur, muß aber, wenn das Gleichgewicht eingetreten ist, gleich sein der durch die Verdampfung entzogenen Wärme; man kann also den Schluß ziehen, daß bei der Temperatur der befeuchteten Kugel die umgebende Luft so viele 16000tel ihres Gewichtes, als das Hygrometer Grade zeigt, an Feuchtigkeit aufzunehmen im Stande ist. Zeigt zum Beispiel das Hygrometer 50 Grad, so bedarf die Luft $\frac{1}{320}$ ihres Gewichtes an Feuchtigkeit, um soviel davon

*) Berard setzt sie auf 0,27. Br.

zu enthalten, als sie bei der erniedrigten Tempera-tur der feuchten Oberfläche aufnehmen kann. Wenn die bedeckte Kugel des Hygrometers mit Eis belegt ist, so muß man den Werth eines Grades um $\frac{1}{7}$ hö-her ansetzen, also für jeden eine Absorption von Feuch-tigkeit gleich $\frac{1}{14000}$ des Gewichtes der Luft rech-nen.

Der Werth eines Grades wird viel erheblicher, wenn das Hygrometer sich im Wasserstoffgas befin-det. Dieses dünne Medium hat eine zehnfach grös-sere Capacität als die atmosphärische Luft, und es muß daher die Menge von Wärme, welche es der ausdünstenden Oberfläche abtritt, zehnfach größer sein; mithin zeigt jeder Hygrometergrad eine Ab-sorption von Feuchtigkeit gleich $\frac{1}{600}$ des Gewichtes des umgebenden Gas an *). Die Kraft des Was-serstoffgas im Aufnehmen von Feuchtigkeit ist also eben so merkwürdig als es die große Wärme-Capaci-tät desselben ist **).

---

*) Es scheint mir 1/1600 heißen zu müssen. Br.

**) In demselben Raume werden gleich viel Dämpfe aufgenommen, er sei leer, er sei mit Wasserstoff-gas oder mit atmosphärischer Luft erfüllt; von ei-ner energy in dissolving moisture kann also eigent-lich wohl nicht die Rede sein. (vgl. Gilb. Ann. XIII. 155). Br.

Wenn ein großer Recipient, in welchem ein Hygrometer aufgehängt ist, über einer Messingplatte aufgestellt, und eine Schale mit Wasser mit darunter eingeschlossen ist: so wird die eingeschlossene Luft nach und nach feuchter, und das Instrument zeigt diese fortwährende Aenderung an. Aber den äußersten Grad vollkommener Feuchtigkeit erreicht die Luft nicht, und ehe das Hygrometer auf 5 Grade kömmt, fängt die innere Seite des Recipienten an, sich mit Thau zu belegen. Die Attraction des Glases entzieht also der anliegenden Luft einige Feuchtigkeit, während die Ausdünstung fortgeht, so daß in der Luft eine beständige Destillation unterhalten wird, wobei sich immer neue Dämpfe bilden und wieder niedergeschlag n werden. Nimmt man aber statt eines gläsernen Recipienten ein Gefäß von polirtem Metall, so nimmt die Luft alle mögliche Grade der Feuchtigkeit an, und das Hygrometer gelangt zu dem Ende der Scale *). Man kann

*) Die Glasfläche belegt sich doch wohl nur dann mit Thau, wenn sie kälter ist, als die inwendig eingeschlossene Luft, so wenigstens muß man es nach Wells Versuchen über den Thau vermuthen; ist aber das, so läßt sich wohl einsehen, daß eine Metallfläche die Wärme der eingeschlossenen Luft nicht

aber diese ungleiche Einwirkung einer Glasoberfläche und einer Metalloberfläche noch leichter zeigen. Stellt man bei stillem heiterm Wetter gegen Abend ein Glas und einen silbernen Becher nahe an der Erde auf, so wird, wenn die Feuchtigkeit der Luft zunimmt, das Glas zuerst etwas dunkel, dann mit Thau benetzt erscheinen, ehe noch das Metall Spuren von Feuchtigkeit zeigt.

So zeigen also das Glas und die Metalle, vorzüglich das Silber, ähnliche Beziehungen in Rücksicht auf Wärme und Feuchtigkeit, und ihre verschiedenen Kräfte scheinen aus derselben Ursache, nämlich von der verschiedenen Nähe der atmosphärischen Umgebung herzurühren. Und dieser Schluß wird durch ein Experiment mit dem etwas veränderten Hygrometer außer Zweifel gesetzt. Man bedecke jede Kugel des Pyroscops mit einem höchst feinen Goldschlägerhäutchen, das gleichförmig befeuchtet ist, und nehme alle überflüssige Feuchtigkeit durch Berührung des Halses der Kugeln mit einem doppelt zusammengelegten Cambraifleckchen weg. In diesem Zustande

so leicht aufnimmt, also auch nicht so leicht das in ihr enthaltene Wasser als Thau niederschlägt.
Br.

de wird, wenn wir die Trockenheit des Zimmers etwa 60 Grad annehmen, die gefärbte Flüssigkeit etwa 2 oder 3 Minuten lang im Anfang der Scale ruhend bleiben, dann aber wird sie anfangen zu sinken und in 5 Min. auf 20 Grade sinken, dort eine kurze Zeit verweilen, und dann langsam zu ihrem ersten Standpuncte zurückkehren. Man sieht hieraus, da die entgegengesetzten Wirkungen sich zuerst das Gleichgewicht halten, daß dieselbe Aenderung der Temperatur zuerst durch die Ausdünstung bei beiden Kugeln hervorgebracht wurde, oder daß die umgebende Luft an jeder der beiden Oberflächen eine Quantität von Feuchtigkeit genau der abgegebnen Wärme proportional in sich aufnahm. Aber die Einwirkung der Luft, um die erkalteten Oberflächen zu erwärmen, ist, wie wir früher gesehen haben, wegen der Nähe des Glases an der einen und des Metalls an der andern Seite wie 20 zu 17; und es hätte daher bei gleich reichlicher Ausdünstung von der vergoldeten wie von der Glasoberfläche die Wirkung dort 60 Grad, hier nur 51 Grad betragen müssen, also ein Sinken von 9 Grad sich zeigen müssen. Daraus läßt sich schließen, daß die unvergoldete Kugel 20 Theile Feuchtigkeit hergeben mußte, während die vergoldete nur 17 verlor; die erstere wird

daher schneller trocken werden, als die andre, oder das so bedeckte Pyroscop wird sogleich wie ein Hygroscop wirken und den ungleichen Zustand beider Kugeln anzeigen. Ueberzog man jede Kugel noch mit einem zweiten Häutchen, so hielten sich die Wirkungen der Verdünstung fast 5 Min. das Gleichgewicht, und dann erst fing die Flüssigkeit unter der Glasoberfläche an zu sinken, fiel in 10 Min. etwa 12 Grad und stieg dann langsam. Fügte man mehrere Bedeckungen hinzu, so zeigten sich ähnliche Erscheinungen, obgleich weniger auffallend, bis die Bedeckungen die Dicke von $\frac{1}{500}$ Zoll erreicht hatten; dann erst fand keine Verschiedenheit mehr statt, sondern das Gleichgewicht dauerte so lange noch einige Feuchtigkeit übrig blieb.

Wenn man die bedeckte Kugel des Hygrometers trocken werden läßt, so zeigt, selbst in diesem Zustande, das Instrument, obgleich nur für kurze Zeit, den verschiedenen Zustand der Medien, in welche man es bringt. Hatte z. B. die Luft in einem Zimmer 50 Grad Trockenheit und man bringt das ruhende Hygrometer in ein Zimmer, wo die Trockenheit 70 Grad ist, so fällt die Flüssigkeit nahe um 20 Grad, wegen der jetzt erneuerten Ausdünstung der Feuchtigkeit, die noch im Papier zurückgeblieben

war. Brachte man dagegen dasselbe Instrument in ein Zimmer von nur 30 Grad Trockenheit, so steigt die Flüssigkeit nahe 20 Grad über den Anfang der Scale, weil das Papier jetzt Feuchtigkeit von der umgebenden Luft annimmt, und die so zu Wasser werdenden Dämpfe Wärme hergeben. Aber in wenigen Minuten stellt sich, wofern nicht die Dicke des Papiers zu erheblich ist, das Gleichgewicht her.

Man bemerkt diese Wechsel am schnellsten, wenn man das zur Ruhe gelangte Hygrometer wechselsweise in Recipienten bringt, die der eine trocknere, der andere feuchtere Luft als das Zimmer enthalten. Ein Pyroscop, dessen beide Kugeln mit Goldschlägerhäutchen bedeckt sind, wird, obgleich nur auf Augenblicke ähnliche Wirkungen zeigen. In einer trocknern Luft nämlich verliert das Häutchen der unvergoldeten Kugel seine Feuchtigkeit freier als das der vergoldeten Kugel, und in feuchter Luft nimmt sie dagegen mit mehr Leichtigkeit die Feuchtigkeit auf, weshalb sie dort Wärme verliert, hier Wärme gewinnt. Die Menge von Feuchtigkeit, die bei der Hervorbringung solcher vorübergehender Aenderungen im Spiel ist, beträgt vielleicht nicht über $\frac{1}{1000}$ Gran.

---

## Ausdünstungsmesser.

---

Die verschiedenen und von einander gesondert bestehenden Wirkungen der Ausdünstung, die hervorgebrachte Abkühlung nämlich, und die verlorne Quantität von Feuchtigkeit, übersieht man deutlich, wenn man dem Hygrometer ein kürzlich von mir zur Abmessung der Ausdünstung von einer feuchten Oberfläche angegebnes Instrument, das Atmometer (Fig. 8.) gegenüber stellt. Dieses Instrument besteht aus einer 2 bis 3 Zoll Durchmesser haltenden dünnen Kugel von porösem irdenem Geschirr, die einen engen Hals hat, woran eine lange und ziemlich weite Röhre mit Eintheilungen befestiget ist. Jeder dieser Theile muß einer Schichte entsprechen, die genau so viel beträgt als eine die äußere Kugelfläche $\frac{1}{1000}$ Zoll dick bedeckende Wasserschichte. Man bestimmt diese Theilungen nach einer einfachen Berechnung und trägt ihrer 100 oder 200 hinabwärts auf. An dem Ende der Röhre ist ein metallner Deckel mit einem ledernen Halse angebracht, dieser wird, nachdem man das Gefäß mit destillirtem oder gekochtem Wasser gefüllt hat, fest zugeschraubt. Jetzt wischt man die äußere Seite des Gefäßes trok-

ken ab, und hängt das Gefäß außen im Freien auf.

Der Betrag der Verdünstung ist immer der Größe der feuchten Oberfläche proportional. Ein befeuchtetes, auf eine Glasplatte gelegtes Papier verliert in einem eingeschlossenen Raume genau nach einerlei Verhältniß an Gewicht, man mag es horizontal oder vertical aufstellen und es die untere oder obere Seite der Platte einnehmen lassen. Die Verdünstung von einer feuchten Kugelfläche ist genau so groß, als von einer gleich großen Ebne oder von einem ebnen Kreise, dessen Durchmesser doppelt so groß als der Durchmesser der Kugel ist.

In dem Atmometer schwitzt das Wasser durch die poröse Substanz des Gefäßes grade so schnell, als es von der Oberfläche ausdünstet, und wie viel das beträgt, zeigt das Sinken des Wassers in der Röhre. Da die Röhre oben dicht geschlossen ist, so wird der Druck der Luft zurückgehalten und dadurch ein zu starkes Durchschwitzen, das bis zum Herabtropfen ginge, gehindert; denn außerdem könnte dieses bei schwacher Ausdünstung wohl stattfinden. Während dieser Proceß fortgeht, wird nun auch eine entsprechende Menge Luft von der Feuchtigkeit an der äußern Seite aufgenommen und gelangt in die

Kugel, wo sie wie ein feiner Strom aufsteigt, um den Raum einzunehmen, der durch das Sinken des Wassers in der Röhre frei wird. Das Verhältniß der Ausdünstung wird nicht geändert durch die Beschaffenheit der porösen Kugel, und bleibt genau dasselbe, es mag die ausdünstende Oberfläche beinahe trocken scheinen, oder mit überflüssiger Feuchtigkeit glänzend überzogen sein. Der äußere Wasser-Ueberzug zieht die Feuchtigkeit von der innern Masse mit einer Krafe an, die sich umgekehrt wie die Dicke verhält, und wird daher bei jedem Grade von Abgang immer hinreichenden Ersatz geben. Wenn die Verdünstung zu stark ist, so kann man durch Abschrauben des Deckels dem Andrang des Wassers mehr Freiheit geben, doch muß man ja vermeiden, daß die Kugel nicht zum Tropfen komme.

Bei stiller Luft halten die Angaben des Hygrometers und Atmometers einen gleichen Gang, und die Menge der Ausdünstung in jeder Stunde wird durch Tausendtel eines Zolles an Höhe, vermittelst der durch 20 dividirten Zahl der Hygrometergrade ausgedrückt. In unserm Clima zum Beispiel, wo man die mittlere Trockenheit im Winter auf 15 Gr., im Sommer auf 40 Gr. rechnen kann, beträgt die Ausdünstung eines geschützten Raumes im Winter

0,018, im Sommer 0,048 Zoll in einem Tage *). Rechnen wir die mittlere tägliche Ausdünstung eines beschirmten Bodens auf 0,030 Zoll, so beträgt die ganze Ausdünstung im Jahre nur etwa 11 Zoll, welches vermuthlich kaum die Hälfte von dem ist, was in dem Kreislaufe der Atmosphäre wirklich statt findet. Aber in der That wird auch die Verdünstung sehr durch die Wirkung der Winde beschleuniget, und der Erfolg auf das 5 oder 10fache vermehrt. Im Allgemeinen ist diese Verstärkung der Ausdünstung so wie bei der Abkühlung der Schnelligkeit des Windes proportional, wenn man die Wirkung stiller Luft so hoch anschlägt, als die Wirkung eines Windes, der 8 engl. Meilen in der Stunde durchläuft **). Man kann daher die Geschwindigkeit des Windes schätzen, wenn man die Anzeigen des Hygrometers mit den des Atmometers vergleicht, oder die Anzeigen eines geschützten Atmometers und eines dem Winde ausgesetzten. Zeigte z. B. das

---

*) Die tägl. Ausdünstung = 0,018 Zoll giebt die stündliche = 3/4 Tausendtel Zoll; aber 15 Gr. divid. durch 20 giebt auch 3/4. Br.

**) Darnach würde also die Ausdünstung verdoppelt, wenn ein Wind von 8 Meilen in der Stunde oder 12 Fuß in der Secunde weht. Br.

Hygrometer 40 Grad, oder fiele in einem geschützten Atmometer die Säule um 2 Abtheilungen in der Stunde, und es fiele dagegen dem Winde ausgesetzt um 12 Abtheilungen, so würde 2 als Wirkung der stillen Luft, 10 als Wirkung des Windes anzusehn sein, also die Geschwindigkeit des Windes 40 engl. Meilen in der Stunde (gegen 60 Fuß in der Secunde) betragen.

Es ist der Mühe werth zu bemerken, welche geringe Menge von Wärme oder Feuchtigkeit ein Luftstrom, der über eine warme oder feuchte Oberfläche hinströmt, nur aufnimmt. Wenn die Luft zum Beispiel 20 Grad Trockenheit hat, so würde die gewöhnliche Ausdünstung stündlich eine Wasserschichte von $\frac{1}{1000}$ Zoll hoch betragen. Diese Wassermenge kann bei einem so niedrigen Stande des Hygrometers 800mal so viel Luft dem Gewichte nach mit Feuchtigkeit sättigen, das ist, weil die Luft 850 mal leichter als Wasser ist, eine Luftsäule von $57\frac{1}{2}$ Fuß hoch, deren Basis die Oberfläche der Kugel wäre, oder eine Luftsäule von 230 Fuß hoch, deren Basis der größte Queerschnitt der Kugel wäre. Wenn sich nun die Luft mit einer Geschwindigkeit von 8 engl. Meilen in der Stunde bewegt, also ein Cylinder von 42240 Fuß Höhe an der Kugel vorbei-

fließt, so wird, indem bei einem solchen Winde die verstärkte Ausdünstung der eben betrachteten gleich ist, noch nicht der 184te Theil dieser fortströmenden Masse durch die Berührung der nassen Kugel befeuchtet, und man kann immer annehmen, daß nur die in physische Berührung kommenden Lufttheilchen an der Mittheilung der Feuchtigkeit Theil nehmen. Jedes kleine Lufttheilchen, das an der Oberfläche hinstreift, wird ein wenig in seinem Laufe aufgehalten, erlangt dann durch die aufgenommene Feuchtigkeit mehr Elasticität, und tritt so wieder in den Strom ein. Von der Schnelligkeit dieser auf einander folgenden Berührungen hängt die ganze Quantität der Ausdünstung ab.

Aber auch in ganz stiller Luft wird die Kraft der Ausdünstung selbst, wenn diese erheblich ist, eben so wie bei Erhitzung der Oberfläche, einen Strom hervorbringen, der seinen Einfluß mit der gewöhnlichen Zerstreuung der Feuchtigkeit vermischet. Wenn das Hygrometer 75 Gr. zeigt, so entspricht dieser Strom einer Geschwindigkeit von 1 Meile stündlich und muß folglich die Ausdünstung um $\frac{1}{8}$ vermehren. Will man daher im Allgemeinen die genaue stündliche Ausdünstung in stiller Luft, ausgedrückt in Theile des Atmometers oder in $\frac{1}{1000}$ Zoll finden, so

muß man die Zahl der Hygrometergrade mit 20 dividiren und den Quotienten um so viel vergrößern, als jene Zahl dividirt durch 600 angiebt *). Zum Beispiel, wenn das Hygrometer 30 Grade zeigt, so ist 1,5 das ungefehre Maaß der Ausdünstung, dieses fordert aber eine Correction von $\frac{30}{600}$ oder von $\frac{1}{20}$, das ist, statt 1,5 muß man $1,5 + \frac{1,5}{20} = 1,575$ setzen, so daß die Ausdünstung in einer Stunde 1,575 atmometrische Theile, und in einem Tage (in 12 Stunden) 18,9 beträgt. In den meisten Fällen ist diese Correction kaum der Berücksichtigung werth.

In eingeschlossenem Wasserstoffgas wird bei gleichem Stande des Hygrometers das Atmometer so afficirt, als ob es in freier Luft einem Winde von 12 engl. Meilen Geschwindigkeit ausgesetzt wäre. In diesem mächtig wirkenden Medium ist also die Zerstreuung von Feuchtigkeit, so wie wir es bei der Wärme fanden, $2\frac{1}{2}$ mal so stark als in atmosphärischer Luft.

---

*) Für 75° ist die Correct. $= \frac{1}{8}$, also für 1 Gr. $= \frac{1}{8 \cdot 75} = \frac{1}{600}$. Br.

## Nutzen des Atmometers und Hygrometers.

---

Es ist nicht bloß in der Meteorologie, sondern auch für den Ackerbau und manche Künste und Gewerbe wichtig zu wissen, wie viel die Ausdünstung von einer gegebnen Oberfläche in bestimmter Zeit beträgt; denn die Ausdünstung des Bodens zu kennen, ist fast eben so wichtig, als die Kenntniß der Regenmenge, und der Landmann könnte sich darnach oft bei seinen Arbeiten richten. Auf einer schnellen Zerstreuung der Feuchtigkeit beruht die Wirksamkeit der Trockenhäuser, die oft ganz verfehlt und nach falschen Grundsätzen angelegt werden. Aber die Zwecke, zu denen das Atmometer dienen soll, wurden bisher nur durch sehr unvollkommene Mittel erreicht, indem man bloß nach Gewicht oder Maaß angab, wie viel Wasser durch Ausdünstung verloren gieng. Wenn man ein in einem Rahmen ausgespanntes Stück Flanell befeuchtet und in freier Luft aufhängt, so kann man durch genaues Abwiegen nach bestimmter Zeit den Verlust an Feuchtigkeit bemerken; bei einem mit Wasser gefüllten Gefäße findet man auf ähnliche Art durch Abmessung den täglichen Verlust; aber diese Methoden sind schwierig, und überdies, besonders

die letztere, großen Unsicherheiten unterworfen. Beide Vorrichtungen muß man gegen Wind und Regen sicher stellen, und sie geben daher nicht, wie das hier beschriebene Atmometer, die wahre Ausdünstung des Bodens. Bei dem Wasser im Gefäße kömmt noch hinzu, daß die trocknen Wände des Gefäßes eine andre Temperatur annehmen und dem Wasser ertheilen, wodurch die Ausdünstung offenbar Aenderungen leidet.

Das Atmometer kann, wenn man auf die verflossene Zeit gehörig Rücksicht nimmt, statt eines Hygrometers dienen, und man kann es anwenden, um die mittlere Trockenheit im Laufe ganzer Stunden oder Tage anzugeben. Indeß sind die Angaben des Hygrometers genauer und geben mehr geradezu die Trockenheit an; daher ist auch dieses Instrument unumgänglich nöthig bei meteorologischen Beobachtungen, und wird uns Grundlagen zu einer richtigern und umfassendern Kenntniß der verschiedenen Veränderungen, welche in den untern Gegenden der Atmosphäre statt finden, darbieten. Wärme und Feuchtigkeit sind die vorzüglichsten Mittel, deren sich die Natur zu Hervorbringung dieser Wechsel bedient, und so wie das Thermometer unsern Blick so sehr erweitert hat, so wird auch ein genaues Hy-

grometer wohl gleiche Vortheile gewähren, und unsre Untersuchungen auf Gegenstände leiten können, die noch ganz unerforscht sind. Wir haben durch das Thermometer nach und nach eine ziemliche Uebersicht der Wärme-Verschiedenheit durch alle Zonen der Erde erhalten; aber über die Grade der Feuchtigkeit, die in entfernten Theilen der Erde statt finden, können wir bis jetzt nur oberflächliche Bestimmungen geben, die von den unvollkommenen und so oft trüglichen Eindrücken auf unsre Sinne abhängen. Es würde sehr wichtig sein, die große Feuchtigkeit sicher zu bestimmen, die dem festen Lande von America und dem angrenzenden Archipelagus eigen sein soll, und genauere Angaben für die Trockenheit zu haben, welche die Sandwüste des innern Africa versengt, und die weiten hohen Ebnen Asiens ausdörret. Und eben so merkwürdig wäre es, die wahren Eigenschaften der Winde Sirocco, Harmattan, Samum zu untersuchen, deren sonderbare und furchtbare Einwirkungen auf die thierischen Körper die Reisenden uns beschreiben. Ja selbst auf unsrer Insel haben die verschiedenen Winde ihren eigenthümlichen Character. Ist der Wind nördlich, so neigt sich die Anzeige des Hygrometers zur Trockenheit hin, statt daß ein warmer Südwind allemal Feuchtigkeit mit-

bringt. Bei hellem, stillem Wetter ist die Luft allemal während des Tages trockner nahe an der Erdoberfläche, als in einer gewissen Entfernung vom Boden; gegen Abend aber wird sie am Boden feuchter, während sie in einiger Höhe eine mäßige Trokkenheit die ganze Nacht durch behält. Bei bedecktem Himmel bemerkt man weniger Aenderung in dem Zustande der Luft im Fortgange des Tages und weniger Verschiedenheit in ungleichen Entfernungen vom Boden; bei windigem Wetter ist der Zustand der untern, so durcheinander gemischten und bewegten Schichten der Atmosphäre noch mehr gleichförmig.

Auch in der Regulirung mancher künstlicher Processe, in der Auswahl und dem Verkauf mancher Producte, könnte das Hygrometer wesentlich nützen. Manche Waarenlager fordern zum Beispiel eine bestimmte Trockenheit, die höher oder niedriger sein muß, nach Maaßgabe der Zwecke, wozu sie bestimmt sind. Das Drucken der Leinen und Cattune geschieht in sehr trocknen Zimmern; aber das Spinnen und Weben gelingt am besten in einer sich mehr zur Feuchtheit hinneigenden Luft. Hiebei hat der Manufacturist jetzt keine andre Leitung, als die Beobachtnng des Erfolges, und die gelieferten Zeuge

werden daher oft runzlich oder sonst unvollkommen, ehe es ihm möglich ist, eine Aenderung in dem Zustande der Luft wahrzunehmen. Ein in diesen Zimmern aufgestelltes Hygrometer würde dagegen die Aenderungen in dem Zustande der Luft sogleich angeben, und die Mittel zur Verbesserung andeuten. Und eben dies Mittel könnte auf eine heilsame Weise angewandt werden, um für die Luft in Hospitälern den angemessensten Zustand zu erhalten.

Bekanntlich erhalten Wolle und Korn bey feuchter Luft ein größeres Gewicht. Dieser Unterschied kann, selbst ohne Beihülfe betrügerischer Mittel, bloß durch den Einfluß der umgebenden Luft, in den Fällen der äußersten Feuchtigkeit und Trockenheit 10 bis 15 Procent betragen. Korn und Papier in einem feuchten Raume, verhält sich eben so *). Man könnte aber den wahren Zustand solcher Waaren

*) Versuche vom Grf. Rumfort bestätigen dies. Er trocknete die nachher benannten Gegenstände 24 Stunden lang in einem geheizten Zimmer, und brachte sie dann in ein unbewohntes Zimmer, wo die Wärme 45 Gr. Fahrenh. betrug. Schon da nahmen sie bedeutend an Gewicht zu; dann aber brachte er sie in ein durch feuchte Wäsche recht eigentlich feucht gemachtes Gewölbe, wo sie noch weit mehr an Gewicht zunahmen.

leicht entdecken, wenn man in einem Drathkasten das Hygrometer aufstellte und wenige Minuten lang es mit jener Wolle, Korn u. s. w. bedeckte.

Das Hygrometer setzt uns ferner in Stand, die absorbirenden Kräfte verschiedener Substanzen mit einander zu vergleichen. Diese Kräfte sind von der Haarröhrchenkraft ganz verschieden, und scheinen eben so ungleich als die andern innern Eigenschaften der Körper zu sein. Wenn Wasser in einer engen Glasröhre aufsteigt, oder sich in die Zwischenräume des Sandes hinaufzieht, so bewirkt es keine Aenderung in dem innern Zustande dieser Körper. Dagegen wenn Holz oder Elfenbein, und Leinen oder Papier Feuchtigkeit einsaugen, so ist diese Absorption allemal mit einer Verminderung der Summe des Volu-

| | Gewicht im trocknen Zustande. | Gewicht, nachdem die Waare 48 Stunden in dem unbewohnten Zimmer gelegen hatte. | Gewicht, nachdem sie 72 Stunden in dem feuchten Gewölbe gelegen hatte. |
|---|---|---|---|
| Schaafwolle | 1000 | 1084 | 1163 |
| Eiderdaunen | 1000 | 1067 | 1112 |
| Rohe Seide | 1000 | 1057 | 1107 |
| Leine Fäden | 1000 | 1043 | 1082 |
| Baumwolle | 1000 | 1043 | 1089 |

Br.

Volumens beider Körper und mit einiger Wärme-Entwickelung verbunden. Das schon beschriebene Instrument, zur Abmessung der Ausdehnung feucht gewordener Luft, zeigt eine merkliche Verminderung des Volumens bei der Vereinigung eines Stückchens Leinwand mit einigen Tropfen Wasser. Die hiebei frei werdende Wärme ist nicht minder merklich, und ist allemal der vorherigen Trockenheit der absorbirenden Substanz proportional. Man trockne ein ansehnliches Stück Leinen oder Cambrai am Feuer recht vollkommen, wickle es um die Kugel eines sehr genauen Thermometers, und bringe beides zusammen in ein langes enges Glas, das in einem verschlossenen Raume neben einer zugepfropften Flasche mit Wasser steht. Nach ein oder zwei Stunden, wenn alle Theile dieses Apparates gleiche Temperatur erlangt haben, tröpfele man ein wenig Wasser aus der Flasche auf den Cambrai, so wird das Thermometer sogleich eine Wärme-Entwickelung anzeigen, die auf 3 oder 4 Gr. Fahrenh. steigen kann. Mit eichenen Sägespähnen, die man vorher gedörrt hat, ist die Wirkung noch auffallender; und die bekannte Erfahrung, daß frisch gebackner Zwieback im Munde die Empfindung von Wärme erregt, muß offenbar auch hieher gerechnet werden. Auch das

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Hygrometer selbst, im ruhenden Zustande, zeigt deutlich, wenn gleich in geringerm Grade ganz ähnliche Eigenschaften. Läßt man die bedeckte Kugel völlig trocken werden, und bringt zwei oder drei Tropfen Wasser von gewöhnlicher Temperatur darauf, so steigt die gefärbte Flüssigkeit in der entgegengesetzten Röhre 5 bis 10 Millesimalgrade, nach Maaßgabe der Dicke der Bedeckung, und der erlangten Trokkenheit. Dieser Eindruck ist indeß nur vorübergehend, und es folgt dann die gewöhnliche hygrometrische Wirkung; aber im ersten Augenblicke war doch Wärme frei geworden, während das Wasser sich mit dem ausgedörrten Ueberzuge verband.

Außer diesem Bestreben, einen Theil des sie berührenden Flüssigen in sich aufzunehmen, haben diese absorbirenden Substanzen auch noch die Eigenschaft mit mehr oder minderer Kraft die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre anzuziehen. Härtere sowohl als weichere Körper zeigen diese Kraft, welche sich ganz so wie bei den zerfließenden Salzen verhält. Vorzüglich die Erd-Arten zeigen in dieser verschiedenen Verwandschaft zur Feuchtigkeit die wesentlichsten Ungleichheiten. Um diese zu untersuchen, muß man die Erd-Art vollkommen austrocknen oder vielmehr

Bayerische Staatsbibliothek München

am Feuer dörren und sie sogleich in eine Flasche bringen, die sich dicht verstopfen läßt; den so zubereiteten Staub kann man zu gelegner Zeit in eine recht große, weite Flasche bringen und darin verschließen bis er von der umgebenden Luft seinen Antheil an Feuchtigkeit aufgenommen hat; dann wird ein in die Flasche gebrachtes genaues Hygrometer das Maaß der durch Absorption hervorgebrachten Wirkung angeben. Auf diese Weise findet man, daß bei der Temperatur von 60 Gr. Fahrenh. Alaun die eingeschlossene Luft auf 84 Gr. Trockenheit bringt, kohlensaure Magnesia auf 75 Gr., kohlensaurer Kalk auf 70 Gr., Kiesel auf 40, kohlensaure Schwererde auf 32 Gr. und kohlensaure Strontian-Erde auf 23 Gr. Diese einfachen Körper zeigen in ihrer innern Beschaffenheit auch noch andere Verschiedenheiten. Kiesel, Baryt und Strontit ziehen nicht nur wenig Feuchtigkeit an, sondern sind auch schnell gesättigt; Alaun und Magnesia dagegen zeigen kaum eine verminderte Wirksamkeit bei wiederholten Absorptionen. Auffallend ist, daß Marmor und ungelöschter Kalk ganz einerlei Wirkung zeigen, und daß überhaupt zwischen den reinen Erden und ihren Verbindungen mit Kohlensäure kein Unterschied zu

bemerken ist. Eben so verdient auch die große absorbirende Kraft der thonartigen Erden in Vergleichung gegen die der kieselhaltigen Körper Aufmerksamkeit. Aber manche zusammengesetzte Erd-Arten und Steine besitzen die Kraft, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen, noch in höherm Grade. Wenn man diese in Stückchen gebrochen und nach der vorigen Angabe behandelt hat, so bringt Pfeifenthon, der doch viel Kieselerde enthält, 85 Gr. Trockenheit hervor, Bimstein oder Trap, obgleich sehr dicht, 80 Gr., Seesand mit Muscheln gemischt 70 Gr. Das Rösten scheint diese Fähigkeit zu vermindern. Lehm, in starkem Feuer geröstet, verursacht nur eine Trokkenheit von 35 Gr. und geglüht nur 8 Gr.; Bimstein und Trap eben so behandelt behalten nur die Kraft 23 Gr. Trockenheit hervorzubringen. Diese absorbirende Kraft hängt also eben so gut von dem äußern Zustande, als von den Bestandtheilen ab; alles was die Körper erhärtet, schwächt die Wirkung, und deshalb allem Anschein nach schwächt auch das Feuer die Austrocknungskraft. Wenn man Quarz oder Kieselerde, die nach dem Glühen nur noch eine Austrocknung bis auf 19 Gr. hervorbrachte, eine Woche lang im Wasser weichte und sie dann bloß abtrocknete, so brachte sie 35 Gr. Trockenheit hervor,

und vermuthlich hätte sie in längerer Zeit ihre vorige Kraft wieder erlangt. Der Proceß, durch welchen die Natur steinige Körper nach und nach zertheilt, milde macht, und ihnen die Fähigkeit ertheilt Feuchtigkeit aufzunehmen, zeigt sich recht schön beim Bimstein oder Trap. Fester Trap bringt eine Trockenheit von 50 Gr. hervor; ein zerfallendes und verkrümelndes Stück 86 Gr.; aber wenn man von demselben Felsen ein schon zu Staub gewordenes Stück nimmt, so bringt dieses 92 Gr. hervor. Als Beispiel, wie die Cultur zur Verbesserung einwirkt, kann Seesand dienen. Feiner Sand giebt 70 Gr. Trockenheit; ein Sand nahe am Strande, wo eine Schaafherde zu gehn pflegte, 78 Gr.; und eben dieser Sand, nachdem man ihn cultivirt hatte, 85 Gr. Und dieses ist immer noch geringer, als bei Gartenerde, wo man 95 Gr. erhält. Diese Erdart in ihrem fein zertheilten Zustande macht den Hauptbestandtheil unsrer reichsten Aecker aus. Andre Arten cultivirten Bodens zeigen eine ähnliche Absorptionskraft, und dieses scheint immer ihrer Fruchtbarkeit entsprechend zu sein. Diese vermehrte Kraft kann man nicht der Verbesserung durch Dünger zuschreiben, indem dieser allein weniger Einfluß hat, als die Erde selbst; es scheint daher, als ob die

Fruchtbarkeit des Bodens vorzüglich von ihrer Fähigkeit, Feuchtigkeit aufzunehmen, abhinge *).

Wenn diese Theorie, auf welche ich hier nur einen oberflächlichen Blick werfen kann, sich durch fernere Untersuchungen bestätigen sollte, so würde sie uns zu einer höchst nützlichen Erweiterung unsrer Kenntnisse dienen. Die chemische Analyse, so viele Fortschritte sie auch gemacht hat, zeigt uns keinesweges vollständig die innere Beschaffenheit der Körper. Steine von durchaus verschiedenem Ansehn und ungleichen Eigenschaften bestehn oft aus denselben Bestandtheilen fast in gleichen Verhältnissen; die Beschaffenheit des Bodens ist durch chemische Untersuchungen fast gar nicht aufgeklärt worden. Die verschiedene Kraft der Erden, Wasser aufzunehmen, bietet uns wenigstens etwas dar, das zur Leitung dienen könnte. — Die Bearbeitung des Bodens dient, ihn zu öffnen und milde zu machen; das Brennen dagegen, wenn es weiter geht, als auf das Zerstören der schädlichen Wurzeln und Fasern,

*) Schübler über die physicalischen Eigenschaften der Ackererden. Gilberts Annalen LI. 226. Drapiez über die Brache, in den Annales générales des sciences physiques. Tome I. Bruxelles 1819.

Br.

erhärtet die Oberfläche und macht den Boden ungeschickt, Pflanzen hervorzubringen, bis er, nach Verlauf längerer Zeit, seine natürliche Beschaffenheit wieder erlangt. In vulcanischen Gegenden werden die Lavafelder erst in vielen Jahrhunderten geschickt zur Cultur. —

Das Hygrometer könnte leicht für Untersuchungen der verschiedenen Boden-Arten schicklich eingerichtet werden, und dieser Gegenstand scheint so vielversprechend, daß er wohl unsre ernsthafte Aufmerksamkeit verdient.

---

## Von andern Hygroscopen.

---

Man hat die Veränderungen des Gewichts und der Ausdehnung, welche manche Körper leiden, angewandt, um den Zustand der Luft in Rücksicht auf Feuchtigkeit zu untersuchen. Man hat sie Hygroscope genannt, weil sie durch den Zustand des umgebenden Flüssigen afficirt werden, aber keine genaue Messung der Feuchtigkeit und Trockenheit gewähren. Aber weder Wärme noch Feuchtigkeit wird bloß passiv zerstreut oder zu gleichen Theilen unter die ver-

schiedenen Körper ausgetheilt. Unter gleichen Umständen werden 100 Gran Elfenbein aus der Atmosphäre 7 Gran Feuchtigkeit aufnehmen; eben soviel Buchsbaumholz 14 Gran; Daunen 16, Wolle 18 und Buchenholz 28. Andre Substanzen zeigen noch größere Ungleichheiten.

Man bestimmt daher den trocknen oder feuchten Zustand der Luft durch das verschiedene Gewicht solcher der Luft ausgesetzten Körper. Man hat Steinsalz hiezu angewandt, aber Pottasche, salzsaurer Kalk, Schwefelsäure und die meisten zerfließenden Substanzen wirken vorzüglich kräftig. Andre harte Körper zeigen gleiche Eigenschaften in geringerm Grade. Platten von Thonschiefer, unglasurte Töpferwaare, Hornspähne, Papier und Pergament, Wolle oder Daunen, wirken alle wie Hygrometer. Aber diese Körper, besonders die härteren, nehmen, wenn sie auch sehr dünne sind, die Eindrücke doch sehr langsam an, und sind daher untauglich, um mit einiger Genauigkeit den vorübergehenden, wechselnden Zustand der umgebenden Luft anzugeben. Ferner ist die Zunahme an Gewicht nicht der Feuchtigkeit der Luft proportional; denn das Maaß der allmähligen Absorption wächst schnell, wenn sie sich der größten Feuchtheit nähern. Dazu kömmt, daß

das Abwiegen solcher Körper ein mühsames und grosse Sorgfalt forderndes Geschäft ist. Ueberdies sind diese dünnen Körper der allmähligen Bedeckung mit Staub unterworfen, der ihr Gewicht vermehrt, und nicht weggewischt werden kann, ohne ihre zarte Textur zu beschädigen. Deshalb bietet die Vergrößerung des Volumens, welche bei einigen Körpern, wenn sie Feuchtigkeit in sich aufnehmen, statt findet, ein sicherers und bequemeres Mittel zu Untersuchung der Feuchtigkeit dar. Die festen vegetabilischen und animalischen Fibern sind durch ein feines Netz verbunden, welches vorzüglich diese Kraft der Absorption zu besitzen scheint. Daher nehmen sie bei Einwirkung der Feuchtigkeit an Breite zu, ohne ihre Länge erheblich zu ändern. Diese Wirkung sehen wir an dem Ausquellen der Thüren bei feuchtem Wetter, und an dem Zusammentrocknen eines Brettes im entgegengesetzten Falle. Substanzen dagegen, wie Papier oder Pergament, die ein unbestimmteres Gewebe haben, dehnen sich durch die Feuchtigkeit in allen Richtungen gleich aus. Gewundene Seile verkürzen sich durch die Feuchtigkeit, und diese Verkürzung ist mit einer Aufwicklung der Fäden begleitet und vielleicht dadurch beschränkt.

Auf alle diese Eigenschaften hat man Vorschläge zu Hygrometern gegründet. Die Ausdehnung dünner Querschnitte von Buchsbaum und anderm harten Holze, die Verlängerung des menschlichen Haares oder eines Fischbeinstückchens, das Aufdrehn der Fasern des wilden Habers, leinener Fäden, eines gedrehten Seiles oder einer Art Grases das aus Indien zu uns gebracht wird, — hat man mit mehr oder minderem Glücke angewandt. Alle aus solchen Materien gemachte Instrumente sind aber entweder sehr träge in ihren Bewegungen, oder wenn sie dadurch, daß man sehr feine Theile der Körper nimmt, empfindlich werden, so sind sie um so mehr zufälligen Beschädigungen ausgesetzt und alle scheinen im Laufe der Zeit ihre Wirksamkeit zu verlieren.

Ich habe vor kurzem die Methode, wo man die Ausdehnung hygroscopischer Körper vermittelst der Vergrößerung des Inhalts eines aus ihnen gebildeten Gefäßes abmißt, wieder in Erinnerung gebracht, und so vervollkommt, wie es die natürliche Unvollkommenheit solcher Instrumente erlaubt. — Man drechselt aus einem Stücke fein geäderten Elfenbeins, von 1 $\frac{1}{4}$ Zoll lang, ein längliches Sphäroid so dünne als möglich, so daß es nur 8 bis 10 Gran wiegt, aber bei seiner größten Ausdehnung etwa 300 Gran

Quecksilber faßt; an dem obern Ende wird mit einer feinen Schraube ein Stück angesetzt, das eine 6 bis 8 Zoll lange, im Lichten $\frac{1}{15}$ Zoll weite Röhre trägt. (Fig. 7.) Das so zusammengesetzte Instrument taucht man mit seinem elliptischen Theile in destillirtes Wasser oder umwickelt es mit nassem Leinen, und füllt es nach einiger Zeit bis zu einem willkürlichen Puncte nahe am untern Ende der Röhre mit Quecksilber; hier wird der Anfangspunct der Scale genommen. Man macht nun die Eintheilung der Röhre so, daß jeder Theil $\frac{1}{1000}$ des innern Raumes ist und also etwa $\frac{3}{10}$ Gran Quecksilber enthält. Die den gewöhnlichen Aenderungen entsprechende Ausdehnung der Scale wird 70 Grade umfassen. An dem obern Ende der Röhre wird ein kleiner elfenbeinerner Deckel angebracht, der den Zutritt der Luft gestattet, aber das Quecksilber nicht herausläßt, und daher das Instrument transportabel macht. Dieses Hygroscop zeigt sehr deutlich, aber etwas langsam, alle Aenderungen in der Trockenheit des umgebenden Medii an. Wird die Luft trockner, so nimmt sie etwas Feuchtigkeit von der Elfenbeinkugel auf, diese vermindert ihr Volumen und drängt das Quecksilber höher in die Röhre hinauf. Bei feuchter Luft dagegen nimmt das Elfen-

beln Feuchtigkeit an, der innere Raum der Kugel wird größer, und das Queckſilber ſinkt in der Röhre. Indeß ſtimmen dieſe Aenderungen keineswegs genau mit dem Maaße der Feuchtigkeit oder Trockenheit der Luft überein; ſondern die Aenderungen des Hygroſcops ſind viel zu groß in der Nähe des Punctes der größten Feuchtigkeit, und vermindern ſich ſtark, wenn das Queckſilber ſich den höhern Puncten der Scale nähert. Die mit einer gleichen Zunahme der Trockenheit zuſammenſtimmende Zuſammenziehung des Elfenbeins iſt ſechsmal ſo groß beim Anfange der Scale als bei dem 70ſten Grade, und ſcheint ſich umgekehrt wie die Zahl der Hygrometergrade zu verhalten, wenn man dieſe von 20 Gr. Tiefe an rechnet. Ich habe deshalb noch eine Scale angebracht, die den Raum von 0 bis 70 Grad jener Scale in hundert Theile theilt, die den ungleichen Theilen von 20 bis 120 auf einer logarithmiſchen Linie entſprechen, wie es die Figur darſtellt. Dieſe Scale könnte man durch Fortſetzung der logarithmiſchen Theilung erweitern; dann würden 320 Theile des Hygrometers mit 108 Theilen des Hygroſcops zuſammenſtimmen. Indeß habe ich bei 300 Grad Trockenheit die Zuſammenziehung des Elfenbeins nie über 105 gefunden.

Ein eben so gemachtes Hygroscop von Buchsbaum zeigt, daß dieses durch Feuchtigkeit sich doppelt so viel als Elfenbein ausdehnt, und deshalb eine verhältnißmäßig längere und weitere Röhre fordert. Die Ausdehnung und Zusammenziehung des Buchsbaums ist noch ungleicher, als die des Elfenbeins. Nahe bei dem Puncte der größten Feuchtigkeit scheinen die Aenderungen des innern Raumes der Kugel mehr als zwanzigmal so groß, als die, welche bei gleichen Aenderungen im Zustande der Atmosphäre in den höchsten Puncten der Scale statt finden. Man mögte daher den Raum zwischen 0 und 140 der tausentheil. Scale in 100 hygrometrische Grade theilen, die den abnehmenden Ordinaten einer logarithmischen Linie von 5 bis 105 entsprechen.

Diese Angaben für die schnell abnehmenden Aenderungen bei Elfenbein und Buchsbaum sind indeß schwerlich ganz genau, sondern können nur als Annäherungen dienen; aber die Auffindung des Gesetzes dieser Aenderungen hat mich so viel Zeit gekostet, daß ich es kaum sagen mag. Versuche der Art sind um so langweiliger, da die Bewegungen dieser Hygroscope so langsam sind, und kaum in $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Stunde beendigt sind. Und diese große Träg-

heit ist auch der Fehler, der diese Art von Instrumenten zu jeder genauen Beobachtung ungeschickt macht.

Die starken Ausdehnungen, welche diese Hygroscope bei großen Graden von Feuchtigkeit zeigen, erklären sehr genügend, warum ausgelegte Arbeit und dergleichen bei feuchtem Wetter so sehr leidet. Dagegen scheinen die geringen Aenderungen, denen das Instrument bei einem hohen Grade von Trockenheit unterworfen ist, den meisten Physikern zu dem Gedanken Veranlassung gegeben zu haben, daß es einen Punct absoluter Trockenheit gebe, zwischen welchem und dem Puncte der größten Feuchtigkeit man die Eintheilung der Hygrometergrade machen könne. Diese Meinung ist keineswegs richtig, und führt zu irrigen Folgerungen. Es lassen sich keine Grenzen für die Trockenheit der Luft, noch für die Menge von Feuchtigkeit, die sie enthalten kann, angeben, indem diese durch vergrößerte Wärme und Verdünnung ins Unbestimmte anwachsen kann.

Wenn man das Elfenbeinhygroscop in Luft von 150 bis 200 Grade Trockenheit bringt, so zerspringt es zuweilen plötzlich seiner ganzen Länge nach. In den Fällen aber, wo die Kugel eine so starke Zu-

sammenziehung ertrug, schien sie wenigstens manchmal eine andre Form anzunehmen *), und ihre innere Beschaffenheit dem Zustande der umgebenden Luft durch unmerkliche Gradationen angemessen zu machen. Wenn sich diese Bemerkung bestätigte, so würde sie uns etwas über die successiven Grenzen der Attraction und Repulsion der Körpertheilchen lehren.

Obgleich aber diese Hygroscope in den äußersten Fällen vieler Ungewißheit ausgesetzt sind, so bieten sie doch in vielen Fällen eine sehr gute Unterstützung für die Hygrometrie dar. Selbst die Trägheit dieser Instrumente kann, wenn man die Theilung einmal gut berichtiget hat, da wo es auf Bestimmung eines Mittelzustandes ankömmt, ihre Brauchbarkeit erhöhen. Man kann nämlich, wenn sie in schwer zugänglichen Lagen aufgestellt sind, sie immer an einen zur Ablösung bequemern Ort bringen, ohne eine schnelle Aenderung ihres Standes zu besorgen; und so könnten sie dienen, um die Feuchtigkeit in verschiedenen Höhen über der Erde kennen zu lernen, u. s. w. Um den Zustand von Waaren zu untersuchen, müßte man die Kugel eine halbe Stunde lang

*) to take another set.

in die Wolle oder in den Sack mit Korn oder in den Ballen Papier stecken, und nachdem man das Hygrometer herausgenommen hat, die Angaben desselben anmerken.

---

## Austrocknungsmittel.

Die absorbirenden Körper werden nicht nur selbst durch den Zustand der umgebenden Luft afficirt, sondern sind auch im Stande, wenn sie der Luft eine ausgedehnte Oberfläche darbieten, die um sie eingeschlossene Luft in den Zustand zu versetzen, den sie selbst hatten. Ein sehr stark am Feuer ausgetrocknetes Stück Flanell bringt in einem verschlossenen Recipienten bedeutende Trockenheit hervor; aber wenn man es einigemal nach einander anwendet, so wird es mit Feuchtigkeit gesättigt und verliert seine absorbirende Kraft. Salzsaurer Kalk hat eine starke und anhaltende austrocknende Kraft; aber das beste Austrocknungsmittel, welches lange Zeit mit fast unverminderter Kraft die Feuchtigkeit anzieht, ist die concentrirte Schwefelsäure. Durch dieses Mittel bin ich im Stande, mir auf Wochen und Mona-

te ein Magazin von trockner Luft zu verschaffen, welches mir dient, um das Differenzthermometer in seinen verschiedenen Modificationen zu graduiren; und bringt man zu gleicher Zeit unter eben den Recipienten eine Wasserfläche von bestimmter Größe in Vergleichung gegen die Oberfläche der Säure, so kann man der eingeschlossenen Luft jeden geringern Grad von Trockenheit ertheilen.

Die Wärme unterstützt alle diese Absorptionsmittel. Daher kann man im Winter mit Hülfe der Schwefelsäure unter einem Recipienten im ungeheitzten Zimmer das Hygrometer nur auf 40 Grade bringen, im Sommer dagegen, selbst wenn die Wärme nicht groß ist, eine Trockenheit von 100 bis 120 Gr. bewirken. Man kann dieses Mittel anwenden, um Wasser selbst in den heißesten Gegenden kühl zu erhalten; man hat nämlich nur nöthig, es in einem porösen Gefäße in eingeschlossener Luft, nahe bei einer großen Fläche Schwefelsäure, ausdünsten zu lassen. Ja, diese Einrichtung bringt ein künstliches Gefrieren hervor, wenn die äußere Luft auch noch 6 oder 8 Grade Fahrenh. über dem Gefrierpuncte ist. Wein kann man eben so abkühlen, wenn man die Flaschen mit befeuchtetem Flanell umgiebt, und sie so in einem weiten mit Blei gefütter-

ten Gefäße, oder in einem glasurten irdenen Topfe, wo der Boden mit Schwefelsäure, etwa 1 Zoll hoch, bedeckt ist, einschließt. Setzt man dies Gefäß mit dem darin Enthaltenen in einen Keller, so würde man in unserm Lande allemal die Temperatur in 4 bis 5 Stunden auf 40 bis 42 Gr. Fahrenh. herabbringen. In den tropischen Gegenden würde eben dieses einfache Mittel ausreichen, um Wein oder Wasser von 80 Grad bis auf 55 Gr. Fahrenh. und selbst noch mehr abzukühlen. Die austrocknende Kraft der Säure nimmt nicht bedeutend ab, bis sie ein ihrem Volumen gleiches Volumen Wasser aufgenommen hat, und unterdeß kann sie an mehrern nach einander folgenden Tagen zur mäßigen Abkühlung für das mehr als 50fache Gewicht von Wein oder Wasser angewandt sein.

Vermehrte Wärme vermehrt immer die Trockenheit der Luft oder ihre Neigung, Feuchtigkeit in sich aufzunehmen. Dieses ist so bekannt, daß man selten bei practischer Anwendung auf etwas andres Rücksicht nimmt. Trockenhäuser zum Beispiel legt man gewöhnlich so an, als ob Wärme hier alles thun sollte; man versäumt Mittel anzuwenden, damit die mit Feuchtigkeit angefüllte Luft, die nun un-

fähig ist, mehr Feuchtigkeit aufzunehmen, durch andre ersetzt werde, u. s. w.

Der Einfluß der Wärme auf die Vermehrung der Trockenheit der Luft, oder auf die Vermehrung ihres Bestrebens Feuchtigkeit aufzunehmen, erklärt ein sonderbares, von mehrern Beobachtern wahrgenommenes Phänomen. Wenn zwey gleiche Wasserflächen in einerlei Stellung, die eine in einem flachen, die andre in einem tiefen metallenen oder porcellanenen Gefäße der Luft ausgesetzt werden: so findet man allemal (dem was man vielleicht erwarten mögte entgegen,) daß das Wasser im letztern Gefäße nach einiger Zeit mehr als das im erstern durch Ausdünstung verloren hat. Der Grund hiervon ist ziemlich einfach. Unter allen den Wechseln, die in dem Zustande der umgebenden Luft vorgehn, muß das flache Gefäß mehr Antheil an der durch die Ausdünstung bewirkten Abkühlung nehmen, als das tiefe Gefäß, indem es der wärmern Luft weniger trockne Oberfläche, die durch die Berührung der Luft könnte erwärmt werden, darbietet; da demnach die größere Masse im Ganzen etwas wärmer bleibt, als die andre, so muß sie eine desto reichlichere Ausdünstung leiden.

So wie zunehmende Wärme die Trockenheit der Luft vermehrt, so bringt ihre Verminderung die entgegengesetzte Wirkung hervor. Wenn ein Zimmer, worin die Luft feucht ist, mehr erwärmt ist, als die äußere Luft, so belegen sich die Fensterscheiben an der innern Seite mit Thau, die dicken Wände von Kellern und unbewohnten Gebäuden sind in den Sommermonaten kälter, als die eingeschlossene Luft, und man findet sie daher dann meistens mit Feuchtigkeit bedeckt. Eine Flasche mit ganz frisch geschöpftem Brunnenwasser gefüllt und in ein warmes Zimmer gestellt, bedeckt sich mit Thau, und das um so mehr, je feuchter die umgebende Luft ist; dieser Niederschlag von Feuchtigkeit hört nicht eher auf, als bis die Flasche mit dem Wasser ziemlich die Wärme des Zimmers angenommen hat. Auf diese Beobachtung hat man eine Art von rohem Hygrometer gründen wolle, indem man vorschlug, diejenige Temperatur einer kleinen, mit sehr kaltem Wasser gefüllten Flasche, zu bestimmen, bei welcher dieser Thau wieder von der Oberfläche verschwindet, indem dieser Punct niedriger sein wird bei großer Trockenheit der Luft im Zimmer *).

---

*) Das Daniellsche Hygrometer beruht auf ähnlichen Principien, scheint aber nicht den Namen eines ro-

Hat die Luft Feuchtigkeit, die sie enthielt, abgesetzt, so wird sie trockner; daher kann ein kalter Körper in eingeschlossene Luft gebracht, diese sehr bedeutend trockner machen. Bei einer Temperatur von etwa 70 Gr. Fahrenh. brachte man eine Flasche mit Wasser von 50 Gr. in einen Recipienten, dessen Oberfläche etwa dreimal so groß, als die Oberfläche der Flasche war, und hängte ein genaues Hygrometer etwa in der Mitte des freien Raumes auf, wo es 45 Gr. zeigte. Da die zwischen der kalten Masse und der Oberfläche des Recipienten eingeschlossene Luft an einer Seite ihre Wärme verliert, und sie zum Theil an der andern Seite wieder erhält, so nimmt sie eine gewisse mittlere Temperatur an; aber jedes Lufttheilchen, welches nach und nach mit dem Wasser oder dem Glase in Berührung kömmt, wird abgekühlt, legt seine Feuchtigkeit ab, mischt sich mit der übrigen Luft, erlangt wieder die mittlere Wärme, und wird folglich in Stand gesetzt, wieder Feuchtigkeit in sich aufzunehmen; folglich wird die trockner gewordene Luft fähig Ausdünstung zu bewirken, und kann durch Einwirkung auf die feuchte Oberfläche einen Grad von Kälte hervorbringen,

---

hen Instruments zu verdienen. (Gilb. Ann. LXV.) Br.

nicht viel geringer, als die der kalten Masse selbst, durch deren Einführung in diesen Raum die ganze Kette der Erfolge zuerst hervorgebracht ward. Macht man aus Salz und Schnee oder zerstoßenem Eise eine erkältende Mischung, und stellt diese in einer tiefen und weiten Saucenschale unter einen großen Recipienten, etwa 3 bis 4 Zoll entfernt von einer kleinen mit Wasser gefüllten Tasse von poröser Töpferwaare; so gefriert dieses Wasser sehr bald, und bleibt mehrere Stunden lang gefroren, bis die Schneemischung völlig geschmolzen ist. Die Wände der Saucenschale werden, weil die Feuchtigkeit durch die Luft von der Tasse her zugeführt wird, mit Reif belegt, und diese Bedeckung nimmt an Dicke zu, so lange die Wirkung der erkältenden Mischung dauert. Wenn eine bedeckte Tasse statt der Schale hingestellt würde, so würde die über der ganzen äussern Fläche gebildete Eiskruste dienen, um die verhältnißmäßig geringe Quantität der Ausdünstung aus dem porösen Gefäße abzumessen, die erfordert ward, um das Wasser zum Gefrieren zu bringen, und nachher es gefroren zu erhalten. Wenn die das Wasser enthaltende poröse Tasse nicht über, sondern unter der erkältenden Masse aufgestellt wird, so leidet, vorzüglich unter einem engern Recipienten, der Ausdünstungs-

Proceß einige Verminderung; aber im Ganzen wird die Bewirkung von Frost nur um so mächtiger; denn die erkältete Luft sinkt herab, und ohne eine so grosse Trockenheit erlangt zu haben, theilt sie dem Wasser die größere Kälte fast unvermindert, mit.

Die Bestimmung des genauen Gesetzes, nach welchem gleiche Zugaben von Wärme die Trockenheit der Luft oder ihre Fähigkeit, Wasser in sich aufzunehmen, vermehren, ist ein sehr wichtiges aber auch schwieriges Problem. Man hat bei dieser Untersuchung zwei verschiedene Wege befolgt, die aber zu gleichen Resultaten führten. Die eine Art der Untersuchung bestand darin, daß man in einem großen, verschlossenen Zimmer ein Hygrometer mit einem Thermometer verbunden, allmählig immer näher zu einem stark geheitzten Ofen brachte und die zusammengehörenden Angaben beider Instrumente bemerkte; bei der zweiten Untersuchungsart stellte man zwei genaue Thermometer neben einander auf, deren Kugeln die eine mit trocknem, die andre mit feuchtem Cambrai bedeckt waren. Nahm man hier das Mittel zwischen vielen Beobachtungen und machte durch Interpolation die Tafel vollständig, so ergab sich jenes Gesetz für die Auflösung des Wassers in der Luft. Die zweite Methode schien angemessener für hohe

Temperaturen. Eine dünne hohle Kugel von Zinn, 4 Zoll im Durchmesser, mit einem kleinen Halse, ward sorgfältig mit Leinen bedeckt, und mit Wasser, das dem Kochen nahe war, gefüllt; man brachte in derselben ein Thermometer an, hing sie in einem geräumigen Zimmer auf, und bemerkte den Fortgang der Abkühlung. Man wiederholte nun das Experiment so, daß man die Kugel an einer feinen Waage aufhängte, das Leinen mit einem zarten Pinsel befeuchtete, und durch Gegengewichte das Gleichgewicht herstellte; hierauf 10 Gran vom Gegengewichte wegnahm, die Kugel auf der Spitze eines Glasstäbchens ruhen ließ, und die Zeit, wann sie sich wieder ins Gleichgewicht setzte, zugleich mit der unterdeß abnehmenden Temperatur beobachtete. Eben das wiederholte man mehrmals, aber wegen der abnehmenden Schnelligkeit der Ausdünstung warden nur 5, endlich nur 2 Gran bei jedem Versuche weggenommen. Aus solchen Versuchen ließ sich leicht die Menge von Feuchtigkeit schätzen, welche von einerlei Luft bei verschiedener Wärme aufgenommen wird, und so auch der Verlust an Wärme, die zu dieser Auflösung verwandt wird.

Verbindet man die Reihe von Beobachtungen, so würde sich zeigen, daß die Luft allemal ihre Trok-

kenheit verdoppelt, wenn die Temperatur um 15 Centesimalgrade steigt. Am Gefrierpuncte ist die Luft fähig eine Quantität Feuchtigkeit zu enthalten, die durch 100 Hygrometergrade dargestellt wird; bei einer Wärme von 15 Gr. Centes. kann sie soviel als 200, bei 30 Gr. soviel als 400, bei 45 Gr. soviel als 800 solchen Theilen entspricht, aufnehmen. Rechnen wir nach Fahrenheits Scale, so enthält beim Gefrierpuncte die völlig feuchte Luft $\frac{1}{160}$ ihres Gewichtes an Feuchtigkeit; bei 59 Grad dagegen $\frac{1}{80}$ ihres Gewichts; bei 86 Gr. $\frac{1}{40}$; bei 113 Gr. $\frac{1}{20}$ und bei 140 Gr. $\frac{1}{10}$ ihres Gewichts an Feuchtigkeit. Also während die Temperaturen so in arithmetischer Reihe fortgehen, nimmt die auflösende Kraft, die dadurch der Luft ertheilt wird, mit der beschleunigten Geschwindigkeit einer geometrischen Reihe zu.

Hieraus folgt, daß, wie auch immer der Zustand einer Luftmasse sein mag, es immer eine Temperatur giebt, bei welcher sie den Zustand vollkommener Feuchtheit erreichen würde; und diese Temperatur läßt sich auch in einem gegebnen Falle leicht bestimmen. Zeigte zum Beispiel das Hygrometer 52 Gr., wenn die feuchte Kugel 20 Centes. Gr. (= 68° Fahrenh.) warm ist, so weiß man, daß die Auflösungskraft der Luft bei dieser Temperatur

252 Gr., also der vorhandene Feuchtigkeitsgrad 200 Gr. von der vollkommenen Feuchtigkeit entfernt ist*); dieses ist aber das Maaß der Auflösung, welches 15 Centes. Gr. (= 59° Fahrenh.) entspricht; die Luft würde also den größten Grad der Feuchtigkeit erreichen, wenn die Temperatur nur 59 Gr. betrüge, und bei größerer Abkühlung würde sie Feuchtigkeit absetzen, und zwar so, daß sie beim Gefrierpuncte $\frac{1}{80}$ ihres Gewichts verlieren würde.

Es ist oben erwähnt, daß das Hygrometer nicht die wirkliche Trockenheit der Luft anzeigt, sondern die Trockenheit, die sie erhält, wenn sie auf die Temperatur der feuchten Kugel zurückgeführt ist. Man könnte aber den wahren Feuchtigkeitszustand leicht bestimmen, da die Verschiedenheit der Auflösungskraft schon bekannt ist. Zeigte z. B. das Hygrometer 42 Gr., indem das Thermometer auf 16 Centesimalgrade steht, so hat die feuchte Oberfläche 11,8 Centes. Gr. und dabei ist die auflösende Kraft um 37 Grade geringer als bei 16 Gr. Centes.; die ge-

*) Aus dem Vorigen nämlich erhellt, daß die Zahl der Hygrometergrade durch $100 \cdot 2^{\frac{x}{15}}$ für x Grade der Wärme ausgedrückt würde; also für $x = 20$ die Zahl der Hygrometergrade $= 100 \cdot 2^{\frac{20}{15}} = 100 \cdot \sqrt[3]{16} = 252$.

sammte Trockenheit der Luft ist also zu 79 Gr. anzusetzen*). Ein Täfelchen, was die Auflöslichkeit der Feuchtigkeit angäbe, würde diese Reductionen sehr erleichtern.

---

## Anwendung auf die Theorie des Regens.

---

Daß die Menge von Feuchtigkeit, welche die Luft in sich zu enthalten vermag, in viel schnellern Fortschritten wächst, als die Temperatur, ist wichtig in dem Haushalt der Natur. Dieser Satz scheint zuerst, auf indirecte Versuche gegründet, durch Dr. James Hutton aufgestellt zu sein, der darauf seine sinnreiche und folgerechte Theorie des Regens baute. Wenn die Luft abkühlt, so wird sie geneigt, etwas Feuchtigkeit abzusetzen. Aber wie geschieht diese Abkühlung in der freien Atmosphäre? Gewiß nur durch Berührung oder Beimischung einer kältern Masse

---

*) Weil nämlich jene 42, Millef. Gr. = 4, 2 Cent. Gr. sind und 16 — 4, 2 = 11, 8 ist. Da nun $100 \cdot 2^{\frac{11,8}{15}} = 172,5$ und $100 \cdot 2^{\frac{16}{15}} = 209,6$ so ist der Unterschied = 37 Grad. Br.

eben des Flüssigen. Aber die erkältete Luft theilt der andern im Gegentheil Wärme mit. Wenn nun, vermöge dieses gegenseitig veränderten Zustandes, der erstere Antheil Luft geneigt ist, seine Feuchtigkeit aufzugeben, so wird der andre Antheil geneigter, sie in sich aufzunehmen, und wenn diese entgegengesetzten Erfolge sich das Gleichgewicht hielten, so würde gar kein Niederschlag von Feuchtigkeit entstehen. Da nun wirklich Feuchtigkeit niedergeschlagen wird, wenn zwei feuchte Luftmassen von ungleicher Temperatur sich mischen, so zeigt uns dieses, daß die auflösende Kraft der Luft mehr Verminderung leidet bei der Abkühlung, als sie Zunahme leidet bei eben so viel betragender Erwärmung; mithin muß die Auflösungskraft bei gleichen Zugaben von Wärme anfangs langsamer und bei höhern Wärmegraden immer schneller wachsen.

Dieser aus Induction hergeleitete Schluß stimmt nun mit dem schon gefundenen Gesetze überein. Dieses Gesetz ist unter denen, die eine Beschleunigung geben, das einfachste, und die Verbindung einer arithmetischen und geometrischen Progression scheint auch auf andre Eigenschaften elastischer Flüssigkeiten anwendbar. Ein Beispiel wird am besten zeigen, wie der wässerige Niederschlag durch Mischung ver-

schiedenartiger Luftmassen entsteht. Wir wollen zwei an Volumen gleiche Luftmassen im Zustande der größten Feuchtigkeit annehmen, die bei den Temperaturen von 15 Gr. die eine und 45 Gr. die andre, sich mischen. Die Mischung nimmt offenbar eine Temperatur von 30 Gr. an. Aber da bei diesen Temperaturen die eine Masse 200, die andre 800 Theile Feuchtigkeit enthält, so kommen in die Mischung 1000 Theile, das ist auf jede Hälfte 500 Theile. Da nun bei 30 Gr. Temperatur diese Masse nur 400 Theile zu enthalten fähig ist, so müssen 100 Theile, die $\frac{1}{160}$ von dem ganzen Gewichte der Atmosphäre betragen, aus der Mischung nieder geschlagen werden. — Aber jene Luft brauchte auch nicht den höchsten Grad von Feuchtigkeit zu besitzen. Hätte z. B. die kältere Luft eine Trockenheit von 40, die wärmere von 110 Hygrometergraden, so daß die erstere 160, die andre 690 Theile Feuchtigkeit enthielte, so kämen nach der Mischung 425 Theile auf jede Hälfte, und diese 25 Theile, das ist $\frac{1}{640}$ der ganzen Masse, würden noch immer niedergeschlagen werden*).

*) Bei 15° Temp. nämlich würde die größte Feuchtigkeit 200 Grad sein, also 160 Grad mehr als die wirkliche betragen; eben so würde bei 45 Gr. die größte

Der hier betrachtete Fall ist schon einer der äusserſten und doch scheint die frei gewordene Feuchtigkeit ziemlich wenig zu betragen. Es scheint aber noch schwierig zu sein, wie man das Maaß dieser Niederschläge nach der Theorie mit der Erfahrung vereinigen soll. Die niedrigern Luftschichten, die unsre Erde umgeben, mögen eine mittlere Temperatur von 50 Fahrenh. Graden haben; wenn diese also durch irgend eine Veranlassung genöthigt würden, alles aufgenommene Wasser herzugeben, so würde das noch nicht $\frac{1}{80}$ ihres ganzen Gewichtes oder noch nicht eine Wasserschichte von mehr als 5 Zoll tief hergeben*). Die Atmosphäre muß also jährlich 5 bis 10 mal so viel Feuchtigkeit absetzen, als sie auf einmal in sich enthalten kann. Da nun wirklich zu irgend einer bestimmten Zeit nur ein sehr klei-

---

Feuchtigkeit = 800 Gr. das ist 690 Gr. mehr sein, als sie wirklich ist..... 25 Theile = $\frac{25}{16000}$ = $\frac{1}{640}$ Br.

*) Der Druck der ganzen Luftsäule beträgt ungefehr 32 Fuß Wasser, wovon 1/80 allerdings = 5 Zoll ist. Aber da die höhern Luftschichten so viel Wasser wohl nicht enthalten, so scheint hier zu viel Wasser gerechnet zu sein, und es ist die Frage, ob nicht die Hälfte schon zu viel wäre. Br.

ner Theil der vorhandenen Feuchtigkeit niedergeschlagen wird, so folgt, daß die Ausdünstung und der Niederschlag sich immer schnell einander folgen müssen, wozu der Kreislauf, der sich zwischen den höhern und tiefern Schichten unterhält, viel beitragen mag. Daher kann jeder Niederschlag in der Atmosphäre nur auf geringe Entfernung ausgedehnt sein, und eine kurze Zeit dauern.

Die Mischung der ungleich erwärmten Luftmassen ist unzureichend, um allein einen bedeutenden Niederschlag zu bewirken. Um die vorkommenden Erscheinungen zu erklären, müssen wir unsre Zuflucht zu der gegenseitigen Wirkung kalter und warmer Strömungen nehmen, die sich in entgegengesetzten Richtungen treffen, und sich fortdauernd mischen. Hätte der eine Strom 50 Gr., der andre 70 Gr. Fahrenh. an Wärme, so würden die sich mischenden Oberflächen 60 Gr. annehmen. Diese Ströme bringen 200 und 334,2 Theile Feuchtigkeit zusammen, oder 267,1 auf jede Hälfte der Mischung; diese kann aber bei 60 Gr. Wärme nur 258,6 Theile enthalten, und setzt folglich 8,5 Theile, das ist $\frac{1}{1860}$ der Mischung ab; es würde also eine Luftsäule von 25 Meilen (engl.) lang erfordert, um an einem Orte einen Niederschlag von

1 Zoll hoch zu bewirken. Betrüge die Summe der entgegengesetzten Geschwindigkeiten dieser Ströme 50 Meilen in der Stunde, und die Folgen der Mischung erstreckten sich nur auf $\frac{1}{4}$ Zoll tief in die einander berührenden Oberflächen, so würde doch in 1 Stunde $\frac{1}{2}$ Zoll Regen fallen. Diese Zahlen stimmen mit der Wahrscheinlichkeit und nahe genug mit der Erfahrung überein *). Bei höhern Temperaturen wird, wenn auch der Temperatur-Unterschied derselbe

*) Diese Rechnung scheint mir nicht richtig. Allerdings da 50 engl. Meilen 264000 F. betragen, so ziehen in 1 Stunde über jedem Quadratfuß 264000 Quadr. Fuß jener Fläche hin, die 1/4 Zoll tief die Einwirkung der Abkühlung leidet; also 1/48 . 264000 = 5500 Cub. Fuß Luft sind dieser Einwirkung ausgesetzt, und es ist so gut, als ob diese $\frac{5500}{1860}$ vom Gewichte eines Cub. Fußes Luft an Wasser absetzten. Da nun 1 Cub. Fuß Luft etwa $\frac{1}{750}$ so viel wiegt, als 1 Cub. Fuß Wasser, so gäben jene nicht vollen 3 Cub. Fuß Luft nur $\frac{1}{250}$ Cub. Fuß Wasser, oder nur 1/20 Zoll hoch Wasser. Man muß also wohl 1/4 Fuß tief lesen. Damit erhielte man allerdings Wasser genug; aber es ist doch noch die Frage, ob dies ausreiche, um auf viele Quadratmeilen weit, wo dasselbe Theilchen doch nicht auf jedem Theile seines Weges eben die Wirkung hervorbringen kann, die Entstehung von so viel Wasser zu erklären. Br.

selbe bleibt, das Maaß des Niederschlages sehr vermehrt, in dem Maaße, daß es für die Temperaturen von 80 und 100 Grad der beiden Ströme auf 19 steigt, wenn es bei den Temperaturen gleich 40 und 60, nur 6,6 beträgt. Dieses Resultat ist ganz der Beobachtung gemäß; denn starke Regenschauer treten bei heißem Wetter und in der heißen Zone am häufigsten ein. Ja in schwülen Gegenden, wie Aegypten, ist der Thau des Abends allein zureichend, die Oberfläche der Erde zu tränken.

Huttons Theorie des Regens, wenn sie auch noch weiterer Vervollkommnung bedarf, beruht also auf richtigen allgemeinen Grundsätzen. Eine genauere und vollständigere Bekanntschaft mit den meteorologischen Ereignissen, die wir uns nur mit Hülfe des Hygrometers verschaffen können, würden uns in Stand setzen, diese schöne Theorie mehr im Einzelnen zu verfolgen und zu erörtern. — Die Menge des Niederschlages in der Atmosphäre hängt von mehrern Umständen ab; — von dem Dampfgehalt der sich mischenden Luftmassen, von dem Unterschiede ihrer Temperatur, von der geringern oder größern mittlern Temperatur und von der Ausdehnung der eintretenden Verbindung. Ist der Niederschlag geringe, so bleiben die kleinen Wassertheil-

chen in der Luft schwebend und bilden Wolken; ist er dagegen schnell und reichlich, so vereinigen sie sich, und bringen, je nachdem es der Wärmegrad erlaubt, Regen, Hagel oder Schnee hervor. Wenn bei schönem, stillem Wetter die Strahlen der Sonne aufgehört haben, den Boden zu erwärmen, so erkältet das Herabsinken der höhern Luftmassen die untern Schichten, und macht sie mehr und mehr feucht, bis diese Mischung Nebel oder eine niedrige Wolke hervorbringt. Solche Nebel sieht man Abends oft sich in engen Thälern sammeln, oder über einem Strome entstehn und immer innerhalb weniger Zolle von der Oberfläche schweben *). Aber in allen La-

*) Hier stimmen des Verf. Behauptungen nicht mit der Erfahrung zusammen. Keineswegs werden die nahe an der Erde liegenden Luftschichten durch das Herabsinken der höhern Schichten abgekühlt; denn es ist vielmehr ganz gewiß, daß nach heitern, stillen Tagen die höhern Schichten in 20 bis 100 Fuß Höhe wärmer bleiben, während jene tiefen Schichten stark abkühlen, und in ihnen sich Thau und Nebel niederschlägt. Die schnelle Abkühlung des Bodens ist es, welche diese Abkühlung der untern Luftschichte bewirkt, und ohne Zweifel hängt es von der ungleichen Abkühlung des Bodens ab, daß zuweilen über einigen Feldern die dünne Nebelschichte liegt, während andre Felder davon frei bleiben. Wovon die Bildung dieser Nebelschichte über

gen kommen diese wässerigen Niederschläge bei einerlei Disposition der Luft vor. Die kleinen Dunst-

---

Strömen und Seen abhängt, hat Davy sehr gut gezeigt. Auch die Wasserfläche verliert nach Sonnenuntergang schnell ihre Wärme; aber sobald das Wasser über 45 Gr. Fahrenh. warm ist, sinken die abgekühlten Theile hinab und die wärmern kommen an die Oberfläche hervor; aus diesem Grunde bleiben tiefere Gewässer nach Sonnenuntergang wärmer, als die Oberfläche des festen Bodens und wenn die benachbarte kältere Luft vom Lande her sich mit der über dem Wasser mischt, so wird sie nicht mehr die von dem wärmern Wasser aufsteigenden Dämpfe unsichtbar in sich enthalten können, sondern es wird sich über dem Wasser ein Nebel zeigen, und das um so stärker, je wärmer das Wasser in Vergleichung gegen die darüber befindliche Luft ist. Davy stellte auf einer Reise auf der Donau von Regensburg nach Wien Versuche hierüber an, und fand, daß Abends der Nebel erschien, wenn das Wasser 3 bis 6 Gr. wärmer als die Luft war; das Verschwinden des Nebels am Morgen trat ein, wenn die Luft wärmer als das Wasser wurde. Am 11 Juni um 6 Uhr Morgens beobachtete Davy die Temperatur des Wassers in der Donau = 62 Gr., im Inn = 56 1/2 Gr., in der Ilz = 56 Gr. Fahrenh. Die Wärme der Atmosphäre war auf den Sandbänken, wo die Ströme sich vereinigen, 54 Gr. Die ganze Oberfläche der Donau war mit dikkem Nebel bedeckt, über dem Inn war ein schwacher Dunst, über der Ilz eine sehr geringe Trübung der Luft. Diese Nebel hängen davon ab, daß kältere Luft vom Lande zugeführt wird; denn über

kügelchen bilden, wenn sie sich an Pflanzen anlegen, bei mildem Wetter Thau, bei kaltem Wetter Reif. Sehr leicht legen sie sich an Glas an, aber von glänzenden Metallflächen scheinen sie zurückgestoßen zu werden *).

---

dem Meere sieht man sie nicht. Davy beobachtete auch auf dem Adriatischen Meere die Temperatur des Wassers und der Luft; er fand sie sehr unbedeutend verschieden und es lag kein Nebel auf dem Meere. An der Küste hingegen traf man solche Nebel wieder an.

Die eigentliche Ursache dieser Nebel ist also nicht in dem Herabsinken der kältern Luftschichten zu suchen, sondern in der durch strahlende Wärme bewirkten Abkühlung des Bodens und der ihm nahe liegenden Luft. Indeß ist Davy der Meinung, daß das Zunehmen dieser Nebel, wobei sie sich von den Seen und Flüßen zuweilen bis über die umgebenden Hügel erheben, von einem solchen niedersteigenden Strome kalter Luft innerhalb des Nebels selbst entstehen möge. Es ist auch wohl denkbar, daß an Bergen, wo die Bergflächen sich eben so gut durch Ausstrahlung von Wärme abkühlen, diese kältere Luft als schwerer sich in das Thal und bis auf die Oberfläche der Seen und Ströme hinabsenkt, und bei ihrer Mischung mit der wärmern Luft selbst bis an die Gipfel hinauf Nebelniederschläge hervorbringen kann, zumal da das wärmere Wasser unterdeß noch immer Dampf hergiebt. Br.

*) Die Erscheinungen des Thaues sind von Wells viel genauer erklärt; vgl. Wells über die Entstehung des Thaues, übers. von Horner. Br.

Die reichlichen Niederschläge von Feuchtigkeit werden durch eine schnelle Mischung ungleicher Schichten bewirkt. Die Wirkung schneller entgegengesetzter Strömungen in der Atmosphäre bringt in kurzer Zeit weite Felder von Luft über einem bestimmten Platze in gegenseitige Berührung, und die Absonderung von Wasser ist dem gemäß reichlich. In milder Jahreszeit entsteht dann Regen; in der kalten Jahreszeit bilden die Wasserkügelchen, indem sie sich in Eisnadeln aneinander setzen, die sich beim langsamen Herabfallen verbinden, Schneeflocken. Hagel entsteht unter andern Umständen; die Regentropfen gefrieren während des Fallens, indem sie eine trockne und kalte Luftschichte durchlaufen.

Mannigfaltige sorgfältige Versuche haben uns gezeigt, daß die verschiedenen Wirkungen der Wärme und des Dampfes nach denselben Gesetzen Abänderungen leiden; wir dürfen daher auch in dem Verhalten der Luft zu beiden Flüssigkeiten Uebereinstimmung erwarten. So wie die Ausdehnung die Wärme-Capacität der Luft vermehrt, so vergrößert sie auch ihr Vermögen, Feuchtigkeit zu enthalten, und zu gleicher Zeit erleichtert die Verminderung des Druckes die Verwandlung des tropfbar Flüssigen in Dampf. Hängt man das Hygrometer in einem gros-

sen Recipienten auf, und zieht plötzlich eine erhebliche Menge Luft heraus, so sinkt das Hygrometer schnell. Im Sommer beträgt die so bewirkte Trokkenheit etwa 50 Hygrometergrade für jede Verdünnung auf die Hälfte der vorigen Dichtigkeit, so daß bei schnellem Auspumpen eine Verdünnung bis zu $\frac{1}{64}$ das Hygrometer um 300 Gr. der Trockenheit zuführen würde. Aber diese Wirkung ist von sehr kurzer Dauer, weil die Luft bald wieder Feuchtigkeit aufnimmt, und dann nicht mehr auf die nasse Kugel des Hygrometers wirkt. Die Kälte aber, die an der Oberfläche der Kugel durch die starke Ausdünstung entsteht, bringt die feuchte Bedeckung zum Gefrieren.

Hieraus geht hervor, daß die höhern Gegenden der Atmosphäre trockner sind, als die untern, oder daß bei gleicher Temperatur das dünnere Fluidum mehr Feuchtigkeit aufzunehmen vermag. Deshalb würde ein auf dem Chimborasso in einem erwärmten Raume, wo man die mäßige Wärme wie an dem Ufer von Lima hervorbringen könnte, aufgestelltes Hygrometer, gegen 40 Grade höher als am Meere stehn. Wäre diese Einrichtung nicht, so würden wir unaufhörlich dunkeln Himmel haben; denn die in der Höhe herrschende Kälte würde der Feuchtigkeit nicht erlauben zu großen Höhen aufzusteigen,

sondern diese immer in Nebel und Wolken nieder-schlagen. So wie jetzt die Natur eingerichtet ist, erhält anfangs die in der Höhe zunehmende Kälte ein Uebergewicht über die Kraft Dämpfe aufzunehmen, daher finden wir die Luft allmählig feuchter, bis wir eine gewisse Höhe erreichen, wo die entgegengesetzten Einwirkungen der Abkühlung und der Verdünnung sich das Gleichgewicht halten, und wo also die größte Feuchtigkeit eintritt. Jenseits dieser Grenze, welche die eigentliche Wolkenregion ist, ist der Einfluß der Verdünnung stärker, als der Einfluß der Kälte und die Luft wird nun allmählig in größern Höhen immer trockner, bis sie endlich in der Höhe uns die immer heitern Regionen zeigt. So ergiebt sich also der eigentliche Sitz der Wolken, oder die Grenze, worüber sie selten hinaus gehn, und diese kann man etwa 2 engl. Meilen oberhalb der Schneelinie annehmen, so daß auch sie unter dem Aequator sich am meisten erhebt, und sich gegen die Pole zu der Erde nähert.

## Mittel, um große Kälte hervorzubringen.

Da verdünnte Luft so sehr viel mehr Wasser aufnehmen kann, so muß vermehrte Wärme auf sie eine größere Wirkung hervorbringen. Bringt man daher unter einen Recipienten mit verdünnter Luft einen kalten Körper, so bewirkt er eine sehr bedeutende Trockenheit. In einer bis auf ein Funfzigstel oder auf ein Hundertel verdünnten Luft von gewöhnlicher Temperatur bringt eine Kälte erregende Mischung von Schnee und Salz ein nahe dabei gestelltes Hygrometer auf wenigstens 200 Grad herab, und noch tiefer, wenn das Zimmer erwärmt ist. Wenn man daher gewöhnliches Salz mit dreimal so viel Eis an Gewicht in einem breiten bedeckten Gefäße von Glas oder Porcellain mischt, das fast so weit als der Recipient ist, und wenige Zolle höher oder tiefer ein poröses irdenes Gefäß von halb so großem oder ein Drittel so großem Durchmesser mit Wasser gefüllt aufstellt, so wird bei starker Verdünnung der Luft die geringe Wassermasse wegen der starken Ausdünstung in allen Jahreszeiten schnell gefrieren, und so lange gefroren bleiben, bis etwa nach einer Stunde jene Kälte erregende Masse ganz ge-

schmolzen ist, und folglich ihre Kraft, Kälte hervorzubringen, verloren hat. Die Größe der Eisrinde, die sich an der äussern Oberfläche des Gefäßes, welches die Kälte erregende Mischung enthält, bildet, zeigt die Stärke der Ausdünstung von jenem andern Gefäße her an, die nöthig ist, um das Gefrieren zu bewirken und zu unterhalten. Auf diesen Principien beruht Wollastons Apparat, um eine kleine Quantität Wasser zu jeder Jahreszeit zum Gefrieren zu bringen.

Sobald ich die verstärkte Wirkung verdünnter Luft, um wässerige Theile aufzunehmen, kannte, suchte ich einen mehr die Feuchtigkeit anziehenden Körper zu finden, um seine Wirkung mit der vorübergehenden Austrocknung in verdünnter Luft zu verbinden. Ich sah mit Vergnügen, daß ein offenes Gefäß mit Schwefelsäure geradezu seine Attraction auf die Flüssigkeit mit der Wirkung der Luftverdünnung verband, und — was noch wichtiger war, — daß sie die entstandene Trockenheit fortwährend unvermindert erhielt. Die verdünnte Luft konnte nun nicht wie sonst sich nach und nach mit Feuchtigkeit beladen; sondern jedes Lufttheilchen, sobald es durch die Berührung der feuchten Kugel des Hygrometers Feuchtigkeit aufgenommen hatte, übertrug diese nur

zu der Säure, und kam also seiner Last entladen zurück, fähig neue Wassertheilchen in sich aufzunehmen. Durch diesen beständigen Kreislauf zwischen der ausdünstenden und absorbirenden Oberfläche erhält sich die verdünnte Luft immer in gleicher Trokkenheit. Da aber sowohl die Kraft der Verdünstung als der Absorption in höhern Temperaturen zunimmt, so wird fast in allen Fällen durch eine bestimmte Verdünnung der Luft eine gleiche Abkühlung hervorgebracht. Wenn man die Luft auf das 250 fache verdünnt, was ungefehr das äusserste unter diesen Umständen zu erreichende ist, so wird die ausdünstende Oberfläche bis zu 120 Gr. Fahrenh. herab im Winter abgekühlt, und würde im Sommer wohl gegen 200 Gr. Abkühlung erhalten. Indeß reicht eine viel geringere Verdünnung in Verbindung mit der Schwefelsäure hin, um eine sehr bedeutende Kälte zu erregen und zu unterhalten; indem schon eine 50malige Verdünnung eine Erniedrigung der Temperatur von 80 bis 100 Gr. der Fahrenh. Scale bewirkt.

Dieses Mittel setzt uns in Stand, in jeder Jahreszeit und in den heißesten Himmelsstrichen Wasser in Eis zu verwandeln und es gefroren zu erhalten, bis es allmählig durch eine fortwährende unsichtbare

Ausdünstung ganz verschwindet. Es ist dazu weiter nichts erforderlich, als daß die Oberfläche der Schwefelsäure dem Wasser nahe steht, und daß die Schwefelsäure eine größere Oberfläche darbietet, weil sonst die Feuchtigkeit reichlicher ausdünsten würde, als sie von der Schwefelsäure aufgenommen werden könnte, mithin die Trockenheit nicht den gehörigen Grad erreichen und die Ausdünstung gehindert werden würde. Man sollte die Säure etwa ½ Zoll tief in eine breite flache Schale thun, die sich unter einem ungefehr halbkugelförmigen Recipienten befindet; das Wasser dagegen könnte in einer halb so weiten, auch nicht tiefen Schale zur Abkühlung ausgestellt werden, und von einem Metallring auf drei gläsernen Füßen zwei oder drei Zoll hoch über der Oberfläche der Säure erhalten werden, wie Fig. 9. zeigt. Es ist von Wichtigkeit, daß das Wasser so sehr als möglich von andern Körpern entfernt sei, oder dem umgebenden Medium nur eine feuchte Oberfläche darbietet, denn die trocknen Seiten der Schale könnten durch Mittheilung von der äussern Luft zu viel Wärme erhalten, die der abkühlenden Einwirkung der Ausdünstung im Wege stände oder sie ganz aufhöbe. Dieser Unbequemlichkeit kann man größtentheils abhelfen, wenn man das Wassergefäß in etwa ½ Zoll

Entfernung mit einem umfassenden Gefäße einschließt. Ist sowohl das Wassergefäß als dieses umschließende Gefäß von Glas, so sieht man vollkommen gut den Proceß des Gefrierens; aber wenn sie aus glänzendem Metalle bestehen, so ist die Wirkung noch auffallender. Am besten aber weicht man dem Verlust an Abkühlung aus, wenn man das Wasser in einem porösen irdenen Gefäße aufstellt. Nimmt man gewöhnliches Wasser, so entwickeln sich beim Fortgange der Ausdünstung reichliche Luftblasen; in wenigen Minuten und lange vorher, ehe die Grenze der Luftverdünnung erreicht ist, schießen die Eisnadeln sehr schön in der ganzen flüssigen Masse an, und bilden darin ein netzartiges Gewebe. Wenn das Gefrieren weiter fortgeht, so tritt eine neue Luftentwickelung ein, die den regelmäßigen Fortgang des Festwerdens bezeichnet. Aber nachdem alles zu festem Eise geworden ist, was, wenn das Wasser nicht über 1 Zoll tief ist, in weniger als ½ Stunde geschehen kann, so dauert die Ausdünstung und Absorption dennoch fort. Durch unsichtbare Uebergänge entzieht eine kleine Eisschichte der innern Masse etwas Wärme und wird dadurch in Wasser und Dampf verwandelt, der in der Luft zu der Säure hinübergeführt wird, hier wieder die tropfbare Form an-

nimmt und bei dieser Verbindung seine Wärme hergiebt.

Bei der Anstellung dieses Versuches bemühe ich mich immer zuerst die Verdünnung der Luft möglichst weit zu treiben; aber da die Schwefelsäure nur zum Theil die Erfüllung des Recipienten mit Dämpfen verhindert, so kömmt man bald auf eine Grenze der Verdünnung und selten kann man die eingeschlossene Luft weiter als bis auf das hundertfache verdünnen, oder weiter als bis dahin, wo ihre Elasticität noch $\frac{3}{10}$ Zoll Quecksilber zu tragen vermag. Aber eine viel geringere Verdünnung etwa zum 10 bis 20fachen, reicht hin, um das Gefrieren zu unterhalten, wenn es einmal eingetreten ist. Das Eis rundet sich dann an den Ecken ab, und schwindet weg, indem seine Oberfläche durch das Spiel der unsichtbar fortgeführten Verdunstung zerfressen wird. Die Säure behält unterdeß durch die Absorption eine allemal größere Wärme als die des Zimmers. Das so erhaltene Eis erleidet eine sehr langsame Zerstörung, denn ein Stück von etwa 1 Pfund schwer und zwey Zoll dick, verschwindet kaum in 8 bis 10 Tagen völlig. Das Eis behält, während es so vergeht, meistens eine gleichförmige Durchsichtigkeit und Festigkeit; doch bei dem weitern Fortgange der

Erscheinung nimmt es oft ein den Honigscheiben ähnliches Ansehn an, welches von den kleinen Höhlungen herrührt, die sich durch die beim Froste entwickelten Luftbläschen bilden, und die sich nachher durch das Einfressen des auflösenden Mittels erweitern.

Am elegantesten und lehrreichsten bringt man das künstliche Gefrieren zu Stande unter einem zum Uebertragen eingerichteten Recipienten der Luftpumpe. Man nimmt eine zwei bis drei Zoll im Durchmesser haltende Schale von dickem, aber hellem Glase, deren Ränder gleich sind und die man obenhin mit einer Glasplatte bedecken, wenn gleich nicht völlig schließen kann; die Glasplatte, die dazu dienen soll, wird horizontal an einem Stabe, der sich in einer Lederbedeckung verschieben läßt, aufgehängt. (wie Fig. 10.) Diese Schale füllt man größtentheils mit frischem destillirtem Wasser, und stellt sie auf einen dünnen von Glasfüßen getragenen Metallring, so daß sie etwa 1 Zoll oberhalb der Oberfläche der Schwefelsäure steht, die sich etwa $\frac{3}{4}$ Zoll tief auf dem Boden eines tiefen Glasbeckens von etwa 7 Zoll Durchmesser befindet. Wenn alles so eingerichtet ist, so stellt man den Recipienten darüber, und drückt die Glasplatte herab, um die Schale zu

bedecken; man schraubt nun den Recipienten an die Luftpumpe, und pumpt so aus, daß die Luft bis auf das 150fache verdünnt ist; hierauf sichert man durch Schließung des Hahns die Fortdauer dieses Zustandes, nimmt den ganzen Apparat von der Luftpumpe weg, und bringt ihn an einen passenden Ort. So lange die Schale verdeckt bleibt, erhält sich nun das Wasser unverändert; zieht man aber das Stäbchen 1 Zoll hoch oder höher, um die Einwirkung der verdünnten Luft eintreten zu lassen, so wird, vielleicht in 5 Minuten, ein Bündel Eisnadeln plötzlich durch die ganze Masse anschießen, und das Erstarren wird sich nachher regelmäßig unterwärts verbreiten, indem die horizontale Schichte sich immer mehr verdicket, und nach und nach einen schönen durchsichtigen Kuchen bildet. Läßt man nun den Deckel wieder herab, so kehrt das Eis wegen der Hemmung der Ausdünstung langsam in seinen vorigen Zustand zurück. Auf diese Weise kann man dasselbe Wasser, selbst mit willkührlichen Zwischenzeiten, zwanzigmal oder dreißigmal wiederholt gefrieren und aufthauen lassen. Bei dem ersten Gefrieren wird einige Luft frei, aber dies wird bei jeder Wiederholung geringer, und das Eis gleicht daher endlich, frei von allen Flecken, dem reinsten Crystall.

Dieses künstliche Gefrieren des Wassers in einer Schale von Glas oder Metall bietet das beste Mittel dar, um den Fortgang der Crystallisation zu beobachten. Die Erscheinungen sind aber sehr mannigfaltig. Wenn die Erregung der Kälte sehr heftig ist, so breitet sich das Gefrieren auf einmal über die ganze Wasserfläche aus, und verdunkelt sie, wie eine Wolke; aber gewöhnlich geht das Gefrieren langsamer fort; Bündel von Eisnadeln gehn von verschiedenen Puncten, zuweilen in der Mitte, gewöhnlich an der Seite der Schale, aus, und verbreiten sich allmählig mit einer Art von federigem Gewebe, wodurch dann sehr bald die Oberfläche zu einem gleichförmigen Eise wird. Aber diese Wirkung ist manchmal sonderbar verschieden. Die nach verschiedenen Richtungen fortwachsenden Eisnadeln schließen zuweilen in der Mitte des Gefäßes einen gradlinigt begrenzten Raum ein, der ungleich, aber immer mehr sich verengernd zu einem Dreieck wird; da dann die untere Masse theilweise gefroren ist, und deshalb ausgedehnt wird, so wird das Wasser allmählig durch die Oeffnung hinaus gedrängt, und bildet durchs Gefrieren eine regelmäßige, sich stufenweise erhebende Pyramide, oder wenn die heraustreibende Kraft größer ist, und die Höhlung enger, so

wird

wird ein grade abgestürzter Körper wie ein Pfeiler entstehen. Die strahlenähnlichen oder gefiederten Nadeln, die zuerst die gefrorne Oberfläche bezeichnen, sind die Ecken dünner Eisplättchen, die unter bestimmten Winkeln angefügt sind, während jedes Stück aus parallelen Ebnen besteht. Diese innere Bildung zeigt sich sehr deutlich, wenn man die gefrorne Masse aus einer metallenen Schale herausnimmt, ehe sie ganz erhärtet ist.

Wenn man gläserne oder metallene Schalen gebraucht, so zeigt die an der offenen Oberfläche des Flüssigen entstehende Kälte eine immer weiter herabwärts gehende Wirkung; bedient man sich aber poröser irdener Gefäße, so bewirkt die fast von allen Seiten gleiche Ausdünstung eine regelmäßige Erhärtung gegen die Mitte der Masse zu, und diese ist am Boden eher stärker, wegen der größern Nähe der absorbirenden Oberfläche, und läßt zuweilen einen netzförmigen Raum nahe in der Mitte der Oberfläche frei, wodurch die beim Gefrieren entwickelte Luft entwischen kann. Wenn man nur eine geringe Kraft des Gefrierens anwendet, so wird zuweilen langsam eine schöne und auffallende Erscheinung hervorgebracht. Wird eine 4 bis 6 Zoll weite

Schale von poröser irdener Waare ganz bis oben mit gewöhnlichem Wasser gefüllt, bis es über den Rand hervortritt, und jetzt über ein Gefäß von 10 bis 12 Zoll Durchmesser mit Schwefelsäure gestellt, und alles mit einem weiten Recipienten bedeckt, so fängt bei einer mäßigen Verdünnung der Luft, etwa zwischen $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{20}$ der natürlichen Dichtigkeit, je nachdem es die mehr oder mindere Kälte des Zimmers fordert, die flüssige Masse in einer Stunde oder zwei an, Eisnadeln zu zeigen, die sich allmählig mehr vergrößern und erhärten, aber immer die Hauptmasse unten ungefroren lassen. Die Eisrinde, welche den Rand bedeckt, erhält nun immer von unten Zuwachs und hebt sich in unmerklichem Fortgange senkrecht. Von jedem Puncte der rauhen Oberfläche des Gefäßes werden Eisfäden gleich Bündeln gesponnenen Glases hervorgetrieben werden, verstärkt durch die Feuchtigkeit, welche sie durch ihre Masse fortführen, und bilden durch ihre Verbindung eine feine silbergleiche Fläche, die dem faserigen Gyps oder Atlasspath ähnlich ist. Zu gleicher Zeit nimmt ein ähnliches Wachsen, doch von wenigerer Ausdehnung an der untern Seite der Schale seinen Anfang, so daß immerfort Eisdräthe scheinen das Gefäß zu durchdringen. Der ganze

Boden wird nun gleichfalls mit schönen Eisplättchen belegt. Es gehen 20 bis 30 Stunden hin, ehe diese sonderbaren Wirkungen eintreten; aber der obere Eiskörper fährt mehrere Tage fort zu steigen, bis er eine kreisförmige Mauer von fast drei Zoll hoch bildet, und eine innere Grotte mit wunderbaren Gruppen von Eiszapfen übrig läßt. In der Zwischenzeit haben sich die blättrigen Lagen an der untern Seite verloren, und durch den absorbirenden Proceß ist die äußere Eisbelegung zu einem schmalen Ringe eingeschrumpft. Die Eismauer erleidet nun durch Zernagung von außen her eine regelmäßige Zerstörung und ihre fasrige Bildung wird gerundeter und minder hübsch. An Höhe verliert sie indeß eine Zeit lang noch nichts, und es scheint eher ein Niederschlag von gefrornem Ueberzuge sich zu einer gewissen Zeit im Fortgange des Processes anzulegen. Diese Sonderbarkeit beruht auf einem Umstande, der nähere Aufmerksamkeit verdient, weil er einige der großen Erzeugnisse der Natur erklärt. Der kreisförmige Rand des Eises ist nämlich der Einwirkung der Schwefelsäure näher als die innere Höhlung und muß also durch unmittelbare Ausdünstung mehr an Wärme verlieren, es muß daher die verdünnte Luft hier am meisten Feuchtigkeit absetzen, die sich

nun anhängt und den Ring mit einer Eisrinde überzieht. Aus diesem Grunde nehmen die vorhandenen Unebenheiten auf der Oberfläche des Eises immer mehr zu.

Diese Bemerkung scheint einiges Licht auf die ungeheuern Eismassen zu werfen, welche in den Polarmeeren gefunden werden, und die man Eisberge nennt, weil sie gleich hohen Bergspitzen auf der Oberfläche des Meeres aufgethürmt sind. Sie haben oft mehr als hundert Fuß Höhe, und müssen gewiß zehnmal so tief sich unter die Wasserfläche erstrecken; es würde daher unglaublich sein, wenn man sie als abgerissene Stücke von so ungeheuer dikken Eisfeldern ansehn wollte, zumal da man es bezweifeln muß, daß der Ocean irgendwo ganz zugefroren sei. Das Eis, welches ich durch jene Kälte erregenden Einwirkungen aus salzigem Wasser erhalten habe, war immer locker und hatte salziges Wasser in seinen Zwischenräumen. Zwar könnte nun vielleicht ein überaus langsames Gefrieren, das regelmäßig von der Oberfläche hinabwärts fortrückte, die Salztheilchen hinab drängen, die sich nie ganz von dem Wasser trennen, und sie so zwingen, sich mit der großen Masse in der Tiefe reichlicher zu ver-

binden; aber wenn man das auch annähme, so müßte man doch noch eine Erklärung für die Entstehung der so hoch erhobenen Eisklippen geben. Die genügendste Erklärung dieser Erscheinung muß in der Zurückführung auf eine allgemeine Ursache bestehn, welche zugleich die Unebenheiten auf der Oberfläche der Eisfelder immer vergrößert, und diese scheint sich uns hier darzubieten. Die untern Theile des Eisfeldes, die sich der minder kalten Wassermasse des Oceans näher befinden, sind nicht so kalt, als die hoch in die Luft hinaufragenden, und die aufsteigende Luft wird daher abgekühlt, wenn sie an jenen höhern Theilen hinstreicht; sie muß daher dort einen Theil ihrer Feuchtigkeit absetzen und eine Eisdecke bilden. Diese Eisüberzüge bringen in ganzen Menschenaltern eine ungeheure Anhäufung hervor, bis die unförmliche Masse endlich durch ihr eignes Gewicht einstürzt *).

Auch andre Naturerscheinungen erhalten hier ihre Aufklärung. In den rauhen nordlichen Gegenden tritt der Wechsel der Jahreszeiten sehr schnell ein.

---

*) Vergl. Scoresby über das Poloreis in Gilb. Ann. LXII.

Beim Eintritt des Frühlings brechen die dicken Eismassen, welche die Newa in Rußland oder den St. Lorenz-Fluß in Canada bedecken, mit großer Gewalt, zuweilen mit furchtbarem Krachen auf. Dieses Krachen ist nicht etwa bloß dem Getöse des Zerbrechens zuzuschreiben, sondern die zahlreichen eingeschlossenen Luftblasen bringen vermöge ihrer Elasticität die heftigsten Zertrümmerungen hervor. In diesen Gegenden nämlich bricht der Winter auf einmal mit sehr heftigem Froste ein, und beim Gefrieren werden wahrscheinlich die ausgeschiedenen Luftblasen von allen Seiten mit Eis umgeben und in einem bedeutenden Grade verdichtet. Wenn nun das mildere Wetter anfängt, und das Eis durch die Wärme brüchig wird, so bewirkt die Elasticität der Luft jene Erscheinungen.

Die Hagelkörner findet man inwendig aus einem Schneekerne bestehend, und außen mit einer festern Rinde umgeben. Sie haben ungefehr das Ansehn eines plötzlich gefrornen Wassertropfens, wo die Luftbläschen von der Oberfläche nach innen getrieben sind, und diese schwammige Bildung veranlassen. Dieser Umstand erlaubt uns, auf den wahren Ursprung des Hagels zu schließen, daß er nām-

lich entsteht, wenn Regentropfen durch eine trockne und sehr kalte Luftschichte fallen. Diese sehr erkalteten Tropfen nehmen dann selbst in der mildern Luft in der Nähe der Erde durch die sich von außen anlegenden Theilchen noch eine Art von Schneebedeckung an. Man könnte sogar ein Experiment, um diese Bildung zu erläutern, vorschlagen. Wenn man einen, zu einem Haarröhrchen ausgezogenen Trichter, durch welchen nur höchst langsam, jede zwei oder drei Minuten ein Wassertropfen sich hervordrängte, oben in einem hohen Recipienten anbrächte, worin die Luft durch Verdünnung und Absorption sehr trokken wäre, so würden die herabfallenden Tropfen während des Fallens gefrieren und dem Hagel gleichen.

In verdünntem Wasserstoffgas wird das künstliche Gefrieren noch schneller als in atmosphärischer Luft hervorgebracht. Indeß läßt sich daraus kein wesentlicher Vortheil ziehn, weil in jenem Mittel die unter gleichen Umständen erregte Kälte etwa um ein Zehntel geringer ist. Der Versuch würde übrigens mit einem ähnlich eingerichteten Apparat angestellt, aber nachdem die Luft ausgepumpt worden, und Wasserstoffgas aus einem Gasometer hereinge-

bracht wäre, würde die Verdünnung wiederholt. So wie diese dünnere Luft eine größere Menge Feuchtigkeit auflöst, so theilt sie auch der ausdünstenden Oberfläche eine verhältnißmäßig größere Wärme mit. Eis, das in Wasserstoffgas von irgend einer Dichtigkeit eingeschlossen ist, verschwindet durch Verdampfung mehr als doppelt so schnell, als in gewöhnlicher Luft von eben der Elasticität.

Aber die verbundene Kraft der Verdünnung und der Absorption ist im Stande viel größere Wirkungen, als das bloße Gefrieren des Wassers hervorzubringen. Im Winter ist es mir gelungen, wenn die Dichtigkeit der eingeschlossenen Luft auf $\frac{1}{500}$ zurückgeführt war, eine Kälte von 125 Fahrenheitschen Graden unter der Temperatur des Zimmers hervorzubringen; bei verbesserter Einrichtung und in günstiger Jahreszeit könnte man gewiß eine noch bedeutendere Abkühlung bewirken. Eine solche Kälte-Erzeugung reicht indeß in allen Jahreszeiten hin, um Quecksilber zum Gefrieren zu bringen. Wenn man Quecksilber in einem hohlen, birnförmigen Eisstücke nahe an einer breiten Oberfläche von Schwefelsäure unter einem Recipienten aufhängt, so gefriert es bei Verdünnung der Luft, und bleibt meh-

rere Stunden in diesem Zustande. Man kann aber dies Experiment ohne fremde Beihülfe zu Stande bringen. Wenn man Quecksilber in eine große Thermometerkugel gebracht, und diese an dem Stäbchen des Recipienten (wie in Fig. 10. den Deckel) befestigt hat, so stellt man dies über das weite Gefäß mit Schwefelsäure, in dessen Mitte sich ein kleines mit Wasser gefülltes Glas befindet. Ist nun die umgebende Luft etwa bis zum 50fachen verdünnt, so taucht man die Kugel wiederholt in das kalte, aber doch ungefrorne Wasser, und zieht sie einen Zoll hoch wieder herauf; sie überzieht sich dadurch mit mehrern Eisrinden von etwa $\frac{1}{20}$ Zoll dick. Jetzt nimmt man das Wasser weg, schneidet auch den an der Kugel herab hängenden Eiszapfen ab und glättet die Oberfläche mit einem warmen Finger, bringt den Recipienten wieder an seinen Ort, läßt die Kugel herab bis zu $\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung von der Schwefelsäure, und treibt nun die Verdünnung so weit als möglich. Hat man es so weit gebracht, daß der Druck der Luft nur noch in der Heberröhre durch $\frac{1}{10}$ Zoll angegeben wird, so zerspringt die Eiskruste, und das allmählig in die Kugel bis zum Gefrierpunct des Quecksilbers oder 39 Gr. unter Null gesunkene Quecksilber zieht sich plötzlich in die Ku-

gel zusammen. Nimmt man nun den Apparat weg und zerbricht die Kugel, so erhält man das Metall als eine feste glänzende Masse, die den Schlag eines Hammers aushält.

Diese Mittel, um hohe Grade von Kälte hervorzubringen, scheinen uns ein weites Feld zu künftigen Untersuchungen zu öffnen. Wenn die Luftpumpe noch mehr verbessert würde, wenn man ein Flüssiges nähme, das leichter als Wasser verdampfte, und wenn man eine noch stärker als die Schwefelsäure absorbirende Materie anwendete, so könnten wir Wirkungen, die das Gewöhnliche weit übertreffen, erwarten. Alcohol würde zum Beispiel unter gleichen Umständen durch seine Verdunstung 10 Grade Fahrenh. Kälte mehr als Wasser hervorbringen, wenn seine Dämpfe durch ein eben solches absorbirendes Mittel der dünnen Luft entzogen würden. Der salzsaure Kalk, obgleich im Allgemeinen von schwächerer Wirkung, scheint bei einer gewissen Präparation die Feuchtigkeit noch begieriger anzuziehen, als Schwefelsäure, und man wird unter den zerfließenden Substanzen wohl eine antreffen, die diese Eigenschaft noch in höherm Grade besitzt. Durch solche Mittel könnte man vielleicht

ganz neue Verbindungen von Körpern erhalten, vielleicht Flüssigkeiten, die bisher dem Gefrieren widerstanden, zum Gefrieren bringen, vielleicht Gasarten in tropfbaren Zustand versetzen u. s. w.

Für practische Zwecke reichen viel geringere Abkühlungsmittel aus. Wasser gefriert leicht, wenn man es nur etwa eine Stunde lang einer nur mäßig verdünnten Luft aussetzt. Das Gefrieren wird weniger gehindert, und das Eis wird dichter, wenn man es schon von dem größten Theile der darin enthaltenen Luft befreiet hat, es sei dies durch Destillation oder durch anhaltendes Kochen geschehen. Das so vorbereitete Wasser muß man so schnell als möglich in eine Flasche thun, und sie bis dicht an den Stöpsel füllen, weil das Wasser sonst die Luft begierig wieder aufnimmt und wieder in seinen vorigen Zustand versetzt wird.

Man wendet die künstliche Kälte immer mit mehr Vortheil im Großen an. Da man nicht der äußersten Verdünnung bedarf, so kann man die hiebei anzuwendende Luftpumpe sehr vereinfachen, und zu einer leichtern Behandlung einrichten. Zwei bis drei Minuten reichen hin, um den nöthigen Grad

von Verdünnung zu erhalten, und die vereinigten Kräfte der Verdunstung und der Absorption bringen nachher den wichtigsten Theil der Wirkung hervor. Im Allgemeinen ziehe ich Teller von 1 Fuß Durchmesser, die man nach Gefallen mit der Luftpumpe verbinden kann, vor. Das Gefäß mit Schwefelsäure muß fast so weit als der flache Recipient sein, und es gehört dazu eine Reihe von Ausdünstungs-Schalen, die von verschiedener Größe, von 3 bis 7 Zoll Durchmesser sind, und die man nach den Umständen die eine oder andre anwendet. Die größesten Schalen braucht man bei kaltem Wetter, die kleinern fortschreitend bei wärmerem Wetter. Es ist besser nicht zu viel zu fordern, und lieber das Wasser unter mehrere Recipienten zu vertheilen, wenn ungewöhnliche Kältegrade gefordert werden. Sobald aus einem Recipienten die Luft zum Theil ausgepumpt ist, unterbricht man die Verbindung vermittelst des Hahnes und leert nun die Luft eines andern aus. Auf diese Weise kann man mit einer Luftpumpe mehrere Recipienten luftleer machen. Nehme ich an, man gebrauche nur sechs Recipienten, so kann man in einer Viertelstunde eben so viele Ausdünstungs-Schalen zu voller Wirksamkeit bringen, und kann in weniger als einer Stunde gegen 6 Pfund

Eis erhalten. Der Verlust, welchen das Wasser in dieser Zeit erleidet, ist unbedeutend und beträgt selten mehr als ein Funfzehntel des Ganzen. Erst nach mehrmals wiederholten Einwirkungen wird die absorbirende Kraft der Schwefelsäure durch das aufgenommene Wasser vermindert. Zuerst bemerkt man diese Verminderung fast gar nicht, indem sie nicht den hundertsten Theil beträgt, wenn die Säure soviel als das Zehntel ihres Gewichts an Wasser aufgenommen hat; aber dieser Einfluß wächst alsdann sehr, mit beschleunigtem Fortgange, so daß die Kraft Kälte zu bewirken um ein Zwanzigstel vermindert ist, wenn das aufgenommene Wasser ein Viertel von dem Gewicht der Säure beträgt, und die erkältende Kraft auf weniger als die Hälfte zurückgeführt ist, wenn die Mischung gleich viel Wasser und Säure dem Gewichte nach enthält. Schwefelsäure kann daher mehr Wasser als das Zwanzigfache seines eignen Gewichtes zum Gefrieren bringen, ehe sie ein ihrem eignen Volumen gleiches Wasservolumen aufgenommen und dadurch etwa den achten Theil der Abkühlungskraft verloren hat. Wenn sie soviel aufgenommen hat, so ist es besser, sie wegzunehmen und durch langsame Destillation neu zu concentriren.

Obgleich aber das Gefrieren in einem größern Apparate vortheilhafter ausgeführt wird, so ergiebt sich doch auch bald eine Grenze der Vergrößerung. Da die Wirksamkeit auf dem schnellen Kreislauf zwischen den ausdünstenden und verschluckenden Oberflächen, also darauf beruht, daß diese einander nahe sind, so bringt die Größe dieser Oberflächen selbst eine Verzögerung und Schwächung der Einwirkung hervor. Aus diesem Grunde wird, wenn die irdene Schale zu weit ist, das Wasser in der Mitte, weil es zu weit entfernt von der Säure ist, selten fest gefrieren. Das Maaß der, bei gleicher äußerer Temperatur, hervorgebrachten Kälte, wird bei gleicher Verdünnung der Luft durch das gegenseitige Verhältniß der ausdünstenden und der absorbirenden Oberfläche bestimmt. Wäre die Mittheilung zwischen beiden augenblicklich, so würde der Erfolg solcher streitenden Kräfte ein genauer mittlerer sein. Aber die feuchtende Wirkung des Wassers und die trocknende der Säure sind beide in der unmittelbaren Nähe am größesten; daher erreichen beide nie den vollen Werth, den sie erreichen könnten. In den meisten Fällen kömmt man der Wahrheit nahe genug, wenn man die Wirkung so schätzt, wie sie eigentlich bei doppelt so großer Wasserfläche oder bei

halb so großer Fläche der Säure sein sollte. Wenn also die empfindliche Kugel des Differenzthermometers mit Eis belegt, in der verdünnten Luft in der Nähe der Säure, für sich allein 300 Grad Trokkenheit zeigt, und man nimmt eine ausdünstende Fläche an, die auch nur ein Viertel der absorbirenden ist, so würde die Wirkung im Verhältniß von 1 zu $\frac{1}{2}$ getheilt werden, oder die Trockenheit des Mittels, welches das Wasser umgiebt, würde nur 200 Grad erreichen, und eine Verminderung der Temperatur von 36 Fahrenh. Graden (= 20 Centes. Gr.) bewirken; wollte man eine halb so große ausdünstende Fläche als die absorbirende ist, annehmen, so würde die Trockenheit auf 100 Grad herabkommen, und die dieser entsprechende Abkühlung würde nur 18 Gr. betragen.

Wenn die ausdünstende und die verschluckende Oberfläche richtig proportionirt sind, so kann man die mäßige Verdünnung bis auf das zwanzig- oder vierzigfache, welche zum Gefrieren das Wassers zureicht, durch Verdichtung von Dampf erhalten. Man kann daher in allen Manufacturen, wo man Dampfmaschinen gebraucht, Eis soviel man will mit unbedeutendem Aufwande erhalten. Es ist dazu nur

erforderlich, daß man eine enge Röhre von dem Verdichtungsgefäße mit einer Reihe von Recipienten in Verbindung setze, unter welchen sich Wasser und die Säure gehörig aufgestellt befindet. Diese Recipienten kann man, der Ersparung wegen, von geschlagenem Eisen verfertigen und mit Angeln an dem Rande des gleichfalls eisernen, aber mit Blei ausgefütterten Gefäßes, welches die Säure enthält, verbinden.

Man kann die große Trockenheit der verdünnten Luft, die einen absorbirenden Körper enthält, noch zu andern Zwecken vortheilhaft gebrauchen. Vögel und andre kleine naturhistorische Gegenstände könnten in einem solchen Recipienten in kurzer Zeit vollkommen getrocknet werden, und dabei nichts von der Beschädigung leiden, denen sie beim Trocknen im Ofen ausgesetzt sind. Eben das gilt von einigen anatomischen Präparaten.

Man könnte auf eben die Art dem Schießpulver jeden erforderlichen Grad von Trockenheit geben, ohne besorgen zu dürfen, daß die furchtbaren Explosionen einträten, denen man sonst beim Trocknen des Pulvers ausgesetzt ist. Das Pulver und die Säure

re müßten in getrennten, aber in Verbindung gesetzten Kammern ausgestellt und die nur mäßig verdünnte Luft durch eine leicht anzugebende Vorrichtung aus einer in die andre getrieben werden, um so sich ihrer Feuchtigkeit zu entladen. In manchen Fällen würde es keiner Verdünnung bedürfen, sondern es könnte zureichend sein, die durch Schwefelsäure ausgetrocknete Luft über die Oberfläche des Schießpulvers hinstreichen zu lassen. Doch es würde übereilt sein, hier weitläuftig über einen Gegenstand zu reden, der eine genauere Untersuchung von Seiten der Behörden zu verdienen scheint.

Die hier so umständlich beschriebenen Mittel, um Trockenheit und zugleich Kälte und Gefrieren hervorzubringen, können mit Recht als den ausgedehntesten Nutzen versprechend angesehen werden. Bei uns wird zwar der Genuß von Eis als ein Gegenstand des Luxus angesehen; aber in heißen Gegenden sieht man es als ein nothwendiges Bedürfniß, als höchst angenehm und vortheilhaft für die Gesundheit an. Schon die Alten waren gewohnt, im Sommer ihre Getränke mit Schnee, den man von den Gebirgen holte, zu kühlen; aber in der Mitte des 15ten Jahrhunderts erfand man

in Italien die Methode, durch die größere Kälte einer Mischung von Schnee und Salz Wasser aufs Neue zum Gefrieren zu bringen. In Ostindien wendet man große Kosten und Sorgfalt darauf, sich die Erfrischung kalter Getränke zu verschaffen. An der Küste von Malabar ist fast immer die Luft zu feucht, um durch Ausdünstung etwas Erhebliches zu bewirken; aber im Innern von Bengalen sammelt man während der anhaltend trocknen Jahreszeit, wenn gewöhnlich ein durchdringender Wind von den hohen Gebirgen in Tibet her weht, alle Morgen das Eis, von der Dicke eines Schillings oder einer halben Krone, das sich auf flachen irdenen Schalen ansetzt, die man eigends dazu dicht am Boden in Vertiefungen, die mit Bambusrohr belegt werden, ausgestellt hat. Dieses Wasser wird am Abend vorher ausgekocht und abgekühlt. Die Eisstückchen drückt man dichte zusammen, packt sie in Wolle und schickt sie so nach Calcutta. Aber ganze vier Monate des Jahres entbehrt man dieses Hülfsmittels und die Einwohner leiden alsdann Mangel an aller Erfrischung.

In Westindien und an den Küsten von America sind unsre Colonisten durchaus ohne eine solche Er-

quickung, um die brennende Hitze eines höchst ungesunden Clima's zu mildern. Selbst bei uns leisten Eiskeller nicht immer ganz ihre Dienste, und entsprechen in den südlichern und westlichern Gegenden, wie Devonshire und Cornwall, selten ihrem Zwecke. Es ist daher von keiner geringen Wichtigkeit, wenn man Eis hervorbringen kann, ohne dabei von der Witterung abhängig zu sein. Ein mäßiges Stück Eis reicht indeß schon hin, um eine bedeutende Menge Wasser abzukühlen.

Auch kaltes Begießen hat man in gewißen Perioden der Fieber mit Vortheil angewandt. Kühlende Tränke werden oft mit offenbarem Nutzen gegeben; und so sehr auch medicinische Schriftsteller oft mit sich selbst und mit der Natur im Widerspruch sind, so ist doch die einstimmige Meinung und Erfahrung ganzer Nationen Bürge für die oft nützliche, innerliche und äußerliche Anwendung kühlender Mittel bei mannigfaltigen Uebeln. Es ist daher vielleicht keine zu kühne Hoffnung, wenn wir glauben, daß einsichtsvolle Regierungen die Einführung von Abkühlungs-Apparaten in Hospitälern in den heißen Gegenden unterstützen, und auf den Ostin-

dienfahrern und den großen Kriegsschiffen einführen werden.

---

Ich schließe hiemit diese Untersuchungen, in welchen ich, ohne mich zu sehr ins Einzelne einzulassen, die wichtigsten Erfahrungen und Schlüsse in möglichst gedrängter Form vorzutragen gesucht habe.

## Beschreibung der Kupfertafel.

Fig. 1. zeigt das Differenzthermometer, welches aus zwei verbundenen Röhren besteht, die sich in möglichst gleiche Kugeln endigen. Die Kugeln enthalten Luft und zwischen ihnen ist eine Quantität Schwefelsäure mit Carmin gefärbt. Haben beide Kugeln gleiche Temperatur, so bleibt die Stellung des Flüssigen ungeändert; wird aber die eine, rechts liegende, wärmer als die andre, so sinkt die Flüssigkeit in der Röhre. Die auf der Scale bemerkten Grade bestimmen Tausendtel des Raumes zwischen der Kälte des gefrierenden und der Hitze des kochenden Wassers. Wird die Kugel linker Hand versilbert, so ist das Instrument ein Pyroscop, welches angiebt, welche Wärme der Luft von einer erwärmten Fläche zugeführt werde.

Fig. 2. u. 3. zeigen das Photometer; jenes ist tragbar und wird mit einem hölzernen Kasten verdeckt, dieses ist bestimmt feststehend zu sein. In beiden ist die Kugel, welche die erwärmenden Eindrücke des Lichtes annehmen soll, von schwarzem Email und

der störende Einfluß des Windes wird durch einen Kasten von sehr hellem Glase abgehalten.

Fig. 4. ist das Gefäß aus poröser Töpferwaare, dessen ich mich zuerst als eines Hygrometers bediente, und das mit einem oben offenen Thermometer, woran ein kleines Gefäß zur Aufnahme des überflüssigen Quecksilbers war, verbunden wurde.

Fig. 5. u. 6. das Hygrometer, jenes feststehend, dieses tragbar und mit einem hölzernen oder elfenbeinernen Kästchen bedeckt, wie in Fig. 2. Die eine Kugel besteht aus blauem Glase, die andre, worin sich der Ueberrest des gefärbten Flüssigen befindet, wird mit einer Papierhülle und blauer Seide darüber bedeckt. Diese bedeckte Kugel wird befeuchtet und der Ausdünstung ausgesetzt, wo dann die Flüssigkeit durch ihr Fallen in der andern Röhre die Trockenheit der Luft anzeigt. Fig. 5. zeigt das Instrument in beständiger Thätigkeit, durch feine Dräthe immer feucht erhalten.

Fig. 7. ein Hygroscop. Das dünne untere Sphäroid ist aus Elfenbein gedreht, und eine Glasröhre darin befestigt. Jene und ein Theil von dieser

sind mit Quecksilber gefüllt. Wird die Atmosphäre trockner, so wird der innere Raum kleiner und das Quecksilber wird in der Röhre hinaufgedrängt, wo die Scale die Aenderungen in Tausendteln des Volumens angiebt. Die ungleiche Theilung auf der andern Seite der Röhre zeigt die correspondirenden Grade eines genauen Hygrometers.

Fig. 8. ein Atmometer, zur Bestimmung der Ausdünstung durch das Sinken der Wassersäule. Es besteht aus einer hohlen Kugel von dünner poröser Töpferwaare, woran eine weite Glasröhre befestigt ist. Die angebrachten Theilungen betragen so viel, daß der entsprechende Theil der Röhre mit einer $\frac{1}{1000}$ Zoll hohen Bedeckung der Kugelfläche gleich ist. Diese Kugeln werden unter meiner Leitung elegant geformt in der berühmten Manufactur von Etrurischen Gefäßen in Staffordshire; ich habe kürzlich einige von nur 1 Zoll Durchmesser und sauber ausgeführt, erhalten.

Fig. 9. zeigt den Proceß des künstlichen Gefrierens, so wie es am stärksten bewirkt wird. Das Wasser ist in einem porösen Gefäße über

Bayerische Staatsbibliothek München

der Oberfläche der in einer weiteren Schale enthaltenen Schwefelsäure.

Fig. 10. eine Darstellung des Gefrierens, so wie es in einem Glase bewirkt wird, wenn durch Hebung eines Deckels das Wasser der Einwirkung der verdünnten Luft ausgesetzt wird.

Fig. 11. ein Differenzthermometer nach de Butts Einrichtung.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

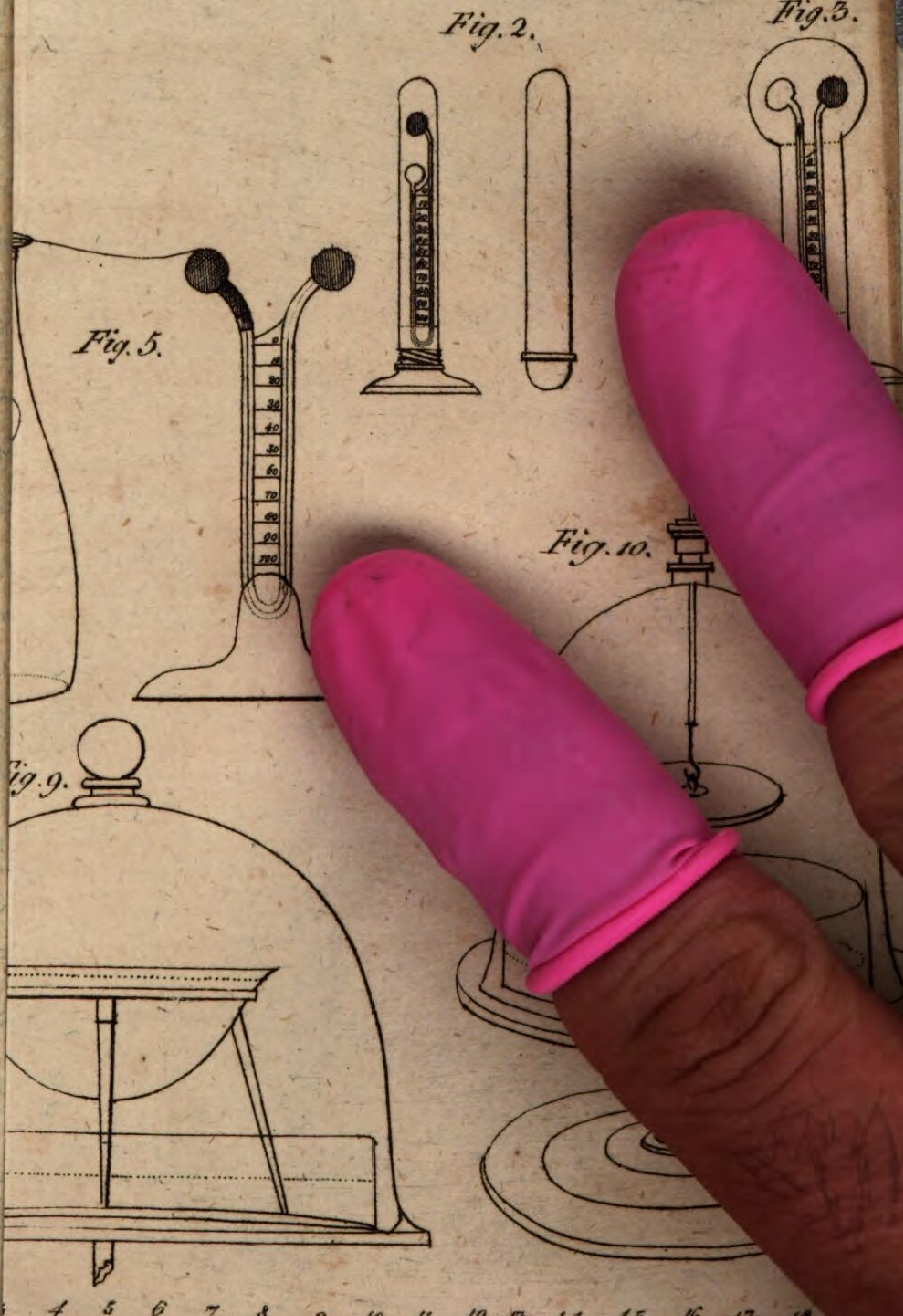
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 5.
Fig. 10.
Fig. 9.
4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
Maasstab von Zollen.

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Leslie, John,

Kurzer Bericht von Versuchen und Instrumenten, die sich auf das Verhalten der Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen

Leipzig 1823

BHS II H 66

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10707536-1